

동양콘크리트산업(주)

맨홀 구조검토서

- PART 1 : 사각 2호
- PART 2 : 사각 3호
- PART 3 : 사각 4호
- PART 4 : 원형 4호

2018. 3

· 본 검토서는 설계 도면에 의거하여 검토한 바, 설계 도면 변경 시 안전을 확인시기 바라며, 관련 규정에 의하여 유지관리가 준수된 경우에 구조적 안전을 보장할 수 있습니다.

검 토 자 :

토목구조기술사 : 윤재석



자체 안전성 검토 및 위찰용 >
기타 상업적 이용은 금지됩니다.

PART 1. 사각2호 구조검토서

- 1,200 x 1,200
- 맨홀 깊이 : 8m
- 지하수위 : 만수위

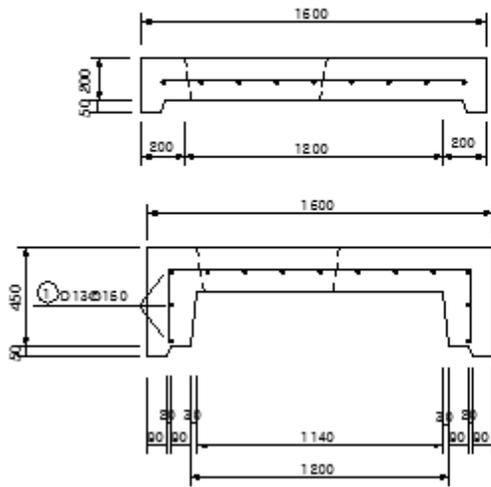
1. 설계도면

맨홀 구조물도

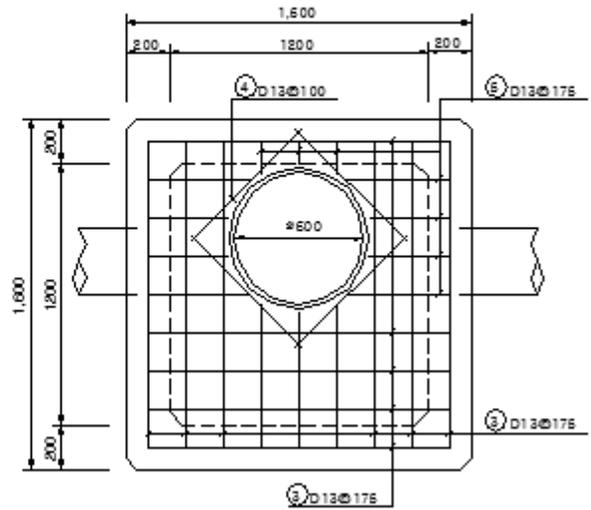
S = 1 : 20

우 수 맨홀 1200x1200

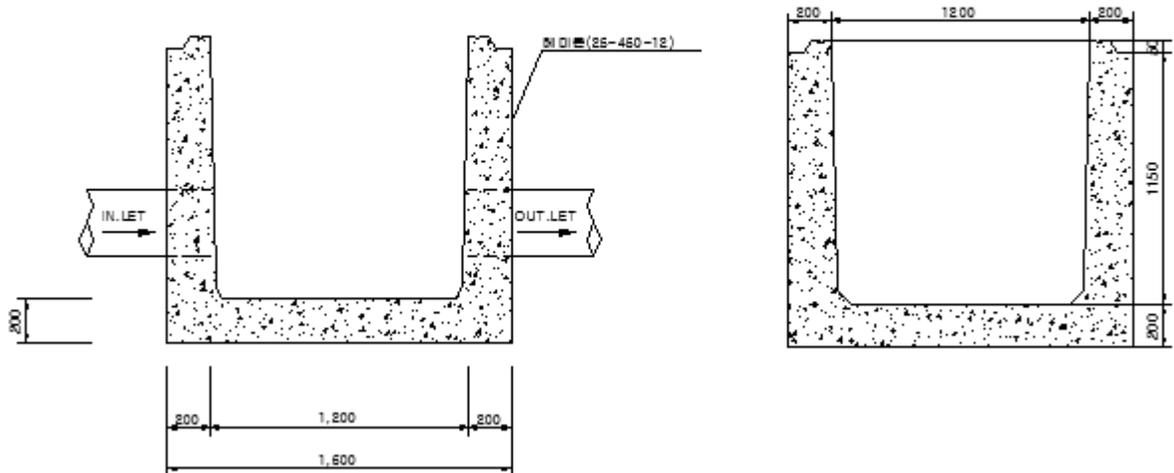
상부구체 단면도



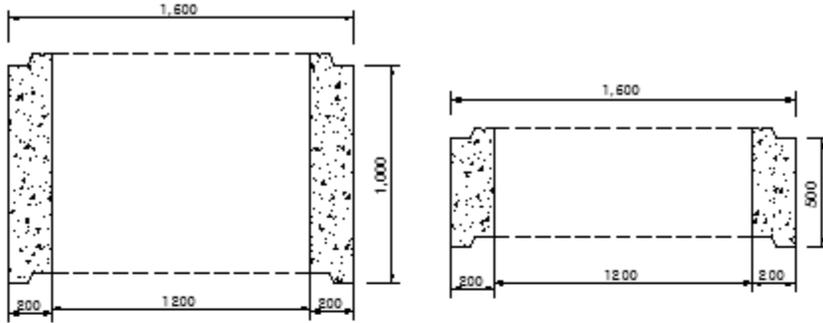
상부구체 평면도



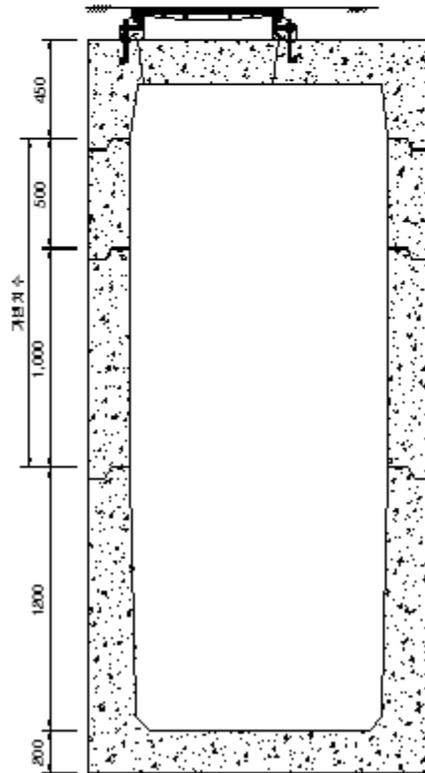
하부구체 단면도



연직구체 단면도



조립도면



1. 설계조건

1) 형 식 : 사각2호 1,200 x 1,200

2) 기초 형 식: 직접기초

3) 토 질 정 수:

① 단위 체 적 중 량 : $\gamma_t = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{sub} = 8.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$

② 내 부 마 찰 각 : $\Phi = 30 \text{ deg}$

③ 토 압 계 수 : 정지토압계수 적용

$$K_o = 1 - \sin\Phi \\ = 1 - \sin 30 = 0.500$$

측벽부 N치 : 10

저판하단 N치 : 10

- N치 및 내부마찰각은 지반데이터가 없는 관계로 일반적인 값을 사용하며, 실측에 의한 지반데이터가 있는 경우에는 실측값 적용하여야 함

4) 하 중

① 고정하중

* 포 장 : $\gamma_a = 23.00 \text{ kN/m}^3$

* 철근 콘크리트 : $\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$

* 무근 콘크리트 : $\gamma_c = 23.00 \text{ kN/m}^3$

② 활 하 중 DB - 24 적용

- 활하중은 10kN/m^2 를 적용함

5) 매 립 깊 이 : $D = 8.0 \text{ m}$

6) 지하수위 : 본 검토서는 현장 조건이 확정되지 않은 상태이므로, 지하수위는 만수위로 적용함.

7) 철근 배근 : HD13@200 (단철근) 적용함.

8) 강도감소계수

* 힘 : $\Phi_f = 0.85$

* 전 단 : $\Phi_v = 0.75$

9) 사용 재료

① 콘크리트 강도 : $f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$

② 콘크리트 탄성계수 : $E_c = 4270 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_{ck}}$
 $= 35.805 \times 10^5 \text{ Mpa}$ ----- 콘,구 P70

③ 철근 항복 강도 : $f_y = 400 \text{ Mpa}$

④ 철근 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ Mpa}$

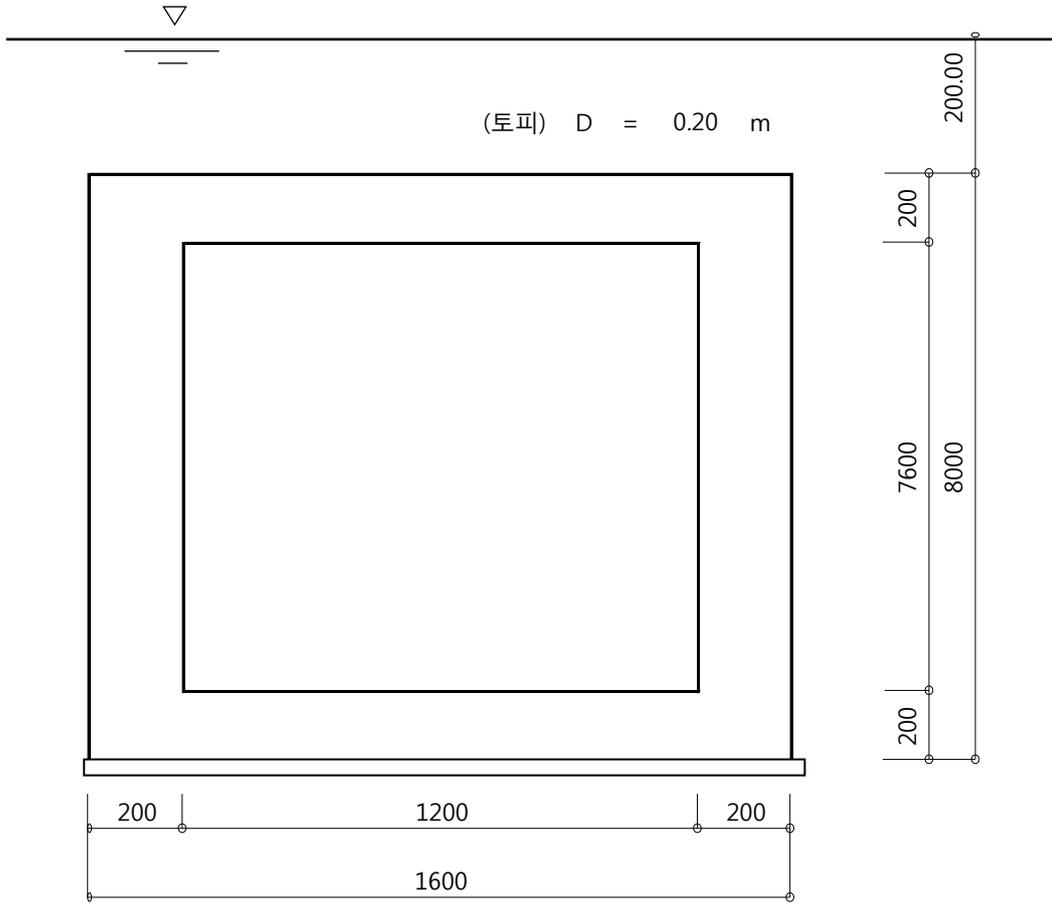
10) 참고자료

① 도로교 설계기준 : 건 교 부 (2000)

② 콘크리트 구조설계기준 : 건 교 부 (2007)

③ 철근 콘크리트 설계편람 : 건 교 부 (1991)

2. 단면가정



3. 부력 검토

3.1 구조물에 작용하는 부력 산정

1) 부력

- 산정식 : $U = rw \times h \times B$

여기서 U : 부력 (kN)

rw : 물의 단위 중량 (kN/m^3) : 10

h : 지하수 심도 (m) : 8.2

B : 부력의 면적 (m^2) : $1.6 \times 1.6 \times = 2.56$

$$- U = 1.6 \times 1.6 \times 8.2 \times 10 = 209.92 \text{ kN}$$

3.2 저항력

1) 저항력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중의 총합으로 한다

- 구체 자중은 구조물 자중만을 고려하는 것으로 한다

- 산정식 : $R = W + F$

여기서 R : 저항력 (kN)

W : 구체의 자중 (kN)

F : 맨홀 구체와 흙과의 주변마찰력 (kN)

2) 구조물의 자중 계산

$$- \text{상부구체} : (1.6 \times 1.6 \times 0.2) \times 25 = 12.8 \text{ kN}$$

$$- \text{연직구체} : ((1.6 \times 1.6 \times 8) - (1.2 \times 1.2 \times 8)) \times 25 = 224 \text{ kN}$$

$$- \text{하부구체} : (1.6 \times 1.6 \times 0.2) \times 25 = 12.8 \text{ kN}$$

$$249.6 \text{ kN}$$

3) 맨홀 구체와 흙과의 마찰력

$$F = U \times \Sigma(fs \times \Delta l) = 295.60 \text{ kN}$$

$$fs = \sigma \tan \delta$$

$$\sigma = \text{흙의 단위중량} \times \text{해당심도} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta : \text{흙과 콘크리트말뚝간의 마찰각} (= 30^\circ)$$

$$fs : \text{단위면적당 말뚝 주면 마찰력} = 5.77 \text{ kN/m}^2$$

$$U : \text{말뚝 주면장} = 6.40 \text{ (m)}$$

$$\Delta l : \text{단위 심도} = 8 \text{ m}$$

3.3 안정 검토

- 총저항력 R : $W + F = 545.2 \text{ kN}$

$$- \text{안전율 } F = R / U = 545.2 / 209.92 = 2.60 > 1.0 \quad \text{---- O.K}$$

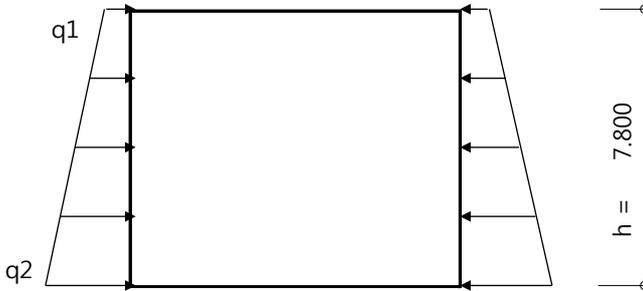
4. 하 중

1) 고정하중 (지하수가 없을때) - CASE 1

① 흙 자 중 : 0.200×18.00 $= \frac{3.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 3.600 \text{ kN/m}^2}$

2) 토 압 (지하수가 없을때) - CASE 2

* 정지토압계수 $K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$



① 전 토 압

$q_1 = 0.5 \times (0.300 \times 18.00)$ $= 2.700 \text{ kN/m}^2$

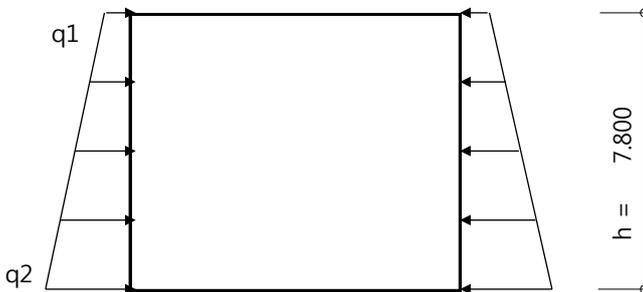
$q_2 = 2.700 + 0.5 \times 7.800 \times 18.000$ $= 72.900 \text{ kN/m}^2$

3) 고정하중 (지하수가 있을때) - CASE 3

① 흙 자 중 : 0.200×8.00 $= \frac{1.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 1.600 \text{ kN/m}^2}$

4) 토 압 (지하수가 있을때) - CASE 4

* 정지토압계수 $K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$



① 전 토 압

$q_1 = 0.5 \times (0.300 \times 8.000)$ $= 1.200 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 1.200 + 0.5 \times 7.800 \times 8.00$ $= 32.400 \text{ kN/m}^2$

5) 활 하 중 - CASE 5

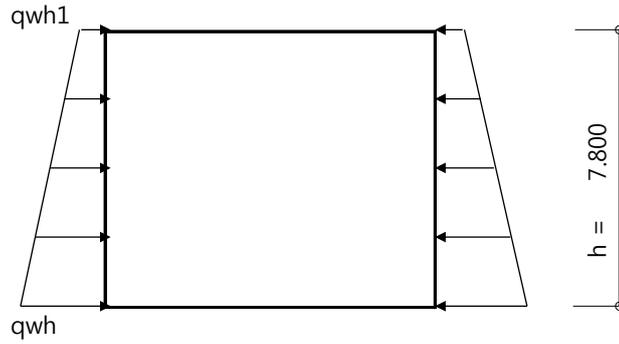
① 지표재하활하중 : DB - 24 적용

② 연직하중 및 측면하중 (토피 두께가 0.200 m 이므로)

$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$

$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$

6) 횡수압 - CASE 7



$$q_{wh1} = (0.200 + 0.100) \times 10.00 = 3.00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 3.00 + 7.800 \times 10.000 = 81.000 \text{ kN/m}^2$$

7) 종수압 - CASE 8

① 상부슬래브에 작용하는 수압

$$q_{wv1} = 0.200 \times 10.00 = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

② 하부슬래브에 작용하는 수압

$$q_{wv2} = (0.200 + 8.00) \times 10.00 = 82.0 \text{ kN/m}^2$$

5. 지반반력계수 산정

1) 지반반력계수 산정

- ① 지반의 변형계수

$$E_o = 28000 \text{ kN/m}^2$$

- ② 연직방향 지반반력계수 ($\alpha = 1$)

$$K_{vo} = 1/0.3 \times \alpha \times E_o = 1/0.3 \times 1 \times 28000 = 93333.3 \text{ kN/m}^2$$

- ③ 환산재하폭

$$B_v = \sqrt{1.6 \times 1.6} = 1.6 \text{ m}$$

- ④ 환산재하폭을 고려한 지반반력계수

$$\begin{aligned} K_v &= K_{vo} \times (B_v / 0.3)^{-3/4} \\ &= 93333.3 \times (1.600 / 0.3)^{-3/4} = 26594.2 \text{ kN/m}^3 \\ &= 26594 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

6. 하 중 조합

1) 극한하중 검토시

하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.4	1.4							
COMB - 2	1.4		1.4				1.4		
COMB - 3	1.2	1.6		1.6	1.6	1.6			1.2
COMB - 4	1.2	1.6			1.6	1.6			1.2
COMB - 5	1.2		1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 6	1.2		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 7	1.2			1					
COMB - 8	1.2								
COMB - 9	0.9	1.6			1.6	1.6			
COMB - 10	0.9		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	
COMB - 11	1.2	1.6		1.6	0.8	0.8			1.2
COMB - 12	1.2	1.6			0.8	0.8			1.2
COMB - 13	1.2		1.6	1.6	0.8	0.8	1.6	0.8	1.2
COMB - 14	1.2		1.6		0.8	0.8	1.6	0.8	1.2

2) 사용하중 검토시

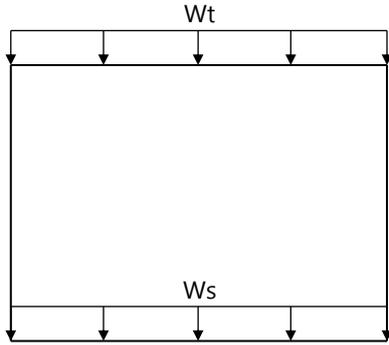
하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.0	1.0							
COMB - 2	1.0		1.0				1.0		
COMB - 3	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0			1.0
COMB - 4	1.0	1.0			1.0	1.0			1.0
COMB - 5	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 6	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 7	1.0			1.0					
COMB - 8	1.0								
COMB - 9	1.0	1.0			1.0	1.0			
COMB - 10	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	
COMB - 11	1.0	1.0		1.0	0.5	0.5			1.0
COMB - 12	1.0	1.0			0.5	0.5			1.0
COMB - 13	1.0		1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
COMB - 14	1.0		1.0		0.5	0.5	1.0	0.5	1.0

* 사용하중은 하중조합의 하중계수를 1사용

7. 하중 재하도

1) CASE 1 - 구체 자중 : PROGRAM내 자동계산

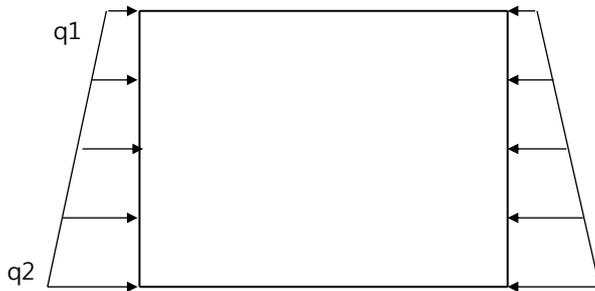
2) CASE 2 - 고정하중 (지하수가 없을때)



$W_t = 3.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

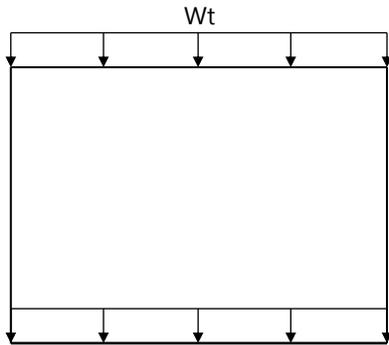
3) CASE 3 - 전 토 압 (지하수가 없을때)



$q_1 = 2.700 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 72.900 \text{ kN/m}^2$

4) CASE 4 - 고정하중 (지하수가 있을때)



구체 자중은 PROGRAM내 자동계산

$W_t = 1.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

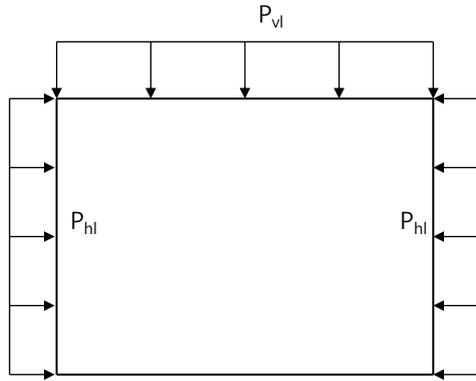
5) CASE 5 - 전 토 압 (지하수가 있을때)



$q_1 = 1.200 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 32.400 \text{ kN/m}^2$

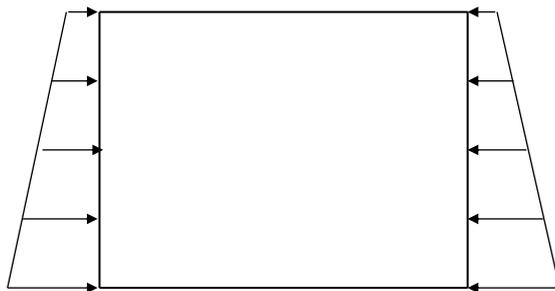
6) CASE 6 - 활 하중



$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

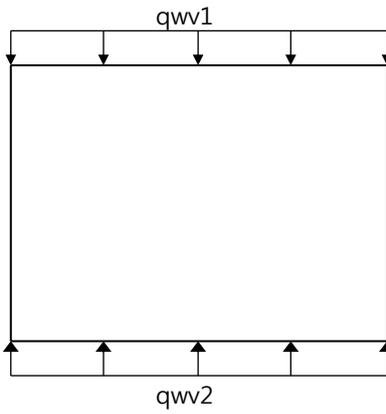
7) CASE 7 - 횡수압



$$q_{wh1} = 3.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 81.000 \text{ kN/m}^2$$

8) CASE 8 - 종수압



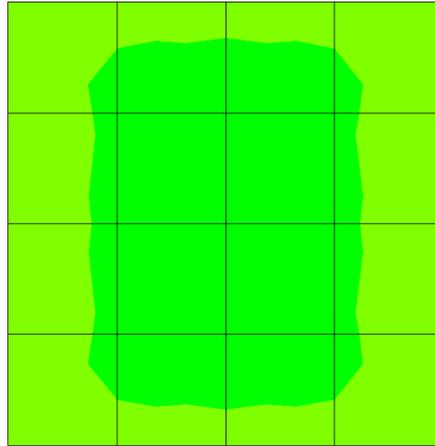
$$q_{wv1} = 2.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wv2} = 82.000 \text{ kN/m}^2$$

8. 부재력도

1) 상부 구체 :

- 모멘트 : 1.05kN-m
- 전단력 : 6.69kN-m



< 상부구체 모멘트도 >

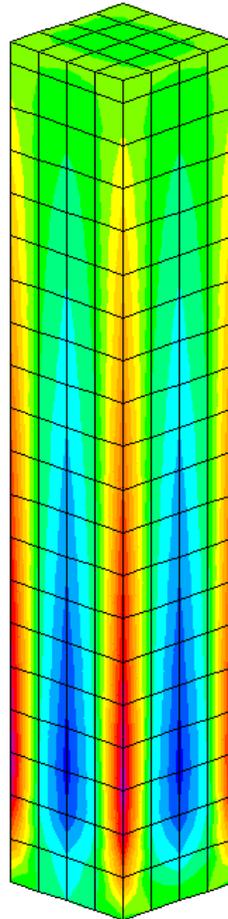
2) 연직 구체 :

- 우각부

- 모멘트 : 24.95kN-m
- 전단력 : 2.7 kN-m

- 일반부

- 모멘트 : 14.90kN-m
- 전단력 : 36.20kN-m



< 연직구체 모멘트도 >

3) 하부 구체 :

- 우각부

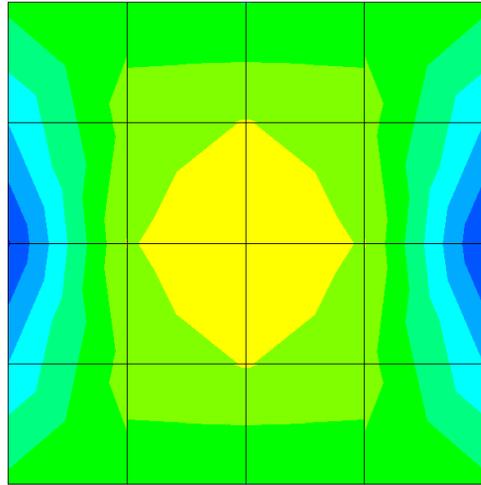
· 모멘트 : 14.14kN-m

· 전단력 : 30.30kN-m

- 일반부

· 모멘트 : 5.53kN-m

· 전단력 : 0kN-m



< 하부구체 모멘트도 >

9. 단면 검토

1) 상부구체 :

$$f_{ck} = 45 \text{ Mp} , \quad f_y = 400 \text{ Mp} , \quad k_1 = 0.85 , \quad \phi_f = 0.85 , \quad \phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	1.050	6.690

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 0.309 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200), \quad [\text{사용률 } 20.502]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / bd = 0.00634$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 1.050 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 19.834]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 6.690 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (6.690 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \phi) = -7.234 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\phi V_n = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 6.690 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

2) 연 직 구 체 :

① 우각부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	26.000	16.000	10.000	24.950	2.700

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 4.658 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200) , \text{ [사용률 1.36]}$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / bd = 0.00396$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq A_s(\text{req}) \times 4/3 \rightarrow \text{철근비 만족} \therefore \text{O.K (콘.설 6.3.2)}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 33.749 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 24.950 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K [안전률 1.353]}$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 16.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 16 = 134.164 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 2.700 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (2.700 - 134.164) \times 30 / (400 \times 16 \times \Phi) = -7.703 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 16.00 / 30.00 = 84.736 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 16 = 715.542 \text{ kN} > 84.736 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (167.705 + 84.736) = 201.953 \text{ kN} > 2.700 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 일반부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\phi_f = 0.85$, $\phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	14.900	36.200

$M_u / \phi = A_s \times f_y / (d - a/2)$ ----- (1)

$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b)$ ----- (2)

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\phi} = 0$$

→ Req $A_s = 4.488 \text{ cm}^2$

Use $A_s = 6.335 \text{ cm}^2$ (1- H13 @ 200), [사용률 1.412]

☞ 철근비 검토

$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$

$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419$, $P_{min} = 0.004193$ 적용.

$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$

$P_{use} = A_s / bd = 0.00634$

$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow$ 철근비 만족, ∴ O.K

☞ 휨 응력의 검토

$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$

; $a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$

$\geq M_u = 14.900 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K [안전률 1.398]}$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$

$\geq V_u = 36.200 \text{ kN} \quad \therefore$ 전단보강 불필요

$A_{v_req} = (36.200 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \phi) = -4.467 \text{ cm}^2$

$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2$ (H16 - 2.0 EA , C.T.C 30.0 cm)

$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$

$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$

$\phi V_n = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 36.200 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$

3) 하 부 구 체 :

① 우각부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	26.000	16.000	10.000	14.140	30.300

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 2.622 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200) , \text{ [사용률 2.416]}$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00396$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq A_s(\text{req}) \times 4/3 \rightarrow \text{철근비 만족} \therefore \text{O.K (콘.설 6.3.2)}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 33.749 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 14.140 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K [안전률 2.387]}$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 16.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 16 = 134.164 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 30.300 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (30.300 - 134.164) \times 30 / (400 \times 16 \times \Phi) = -6.086 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } -2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 16.00 / 30.00 = 84.736 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 16 = 715.542 \text{ kN} > 84.736 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (167.705 + 84.736) = 201.953 \text{ kN} > 30.300 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 일반부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\phi_f = 0.85$, $\phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	5.530	0.000

$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2)$ ----- (1)

$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b)$ ----- (2)

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

→ Req $A_s = 1.641 \text{ cm}^2$

Use $A_s = 6.335 \text{ cm}^2$ (1- H13 @ 200) , [사용률 3.86]

☞ 철근비 검토

$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$

$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419$, $P_{min} = 0.004193$ 적용.

$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$

$P_{use} = A_s / bd = 0.00634$

$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow$ 철근비 만족, ∴ O.K

☞ 휨 응력의 검토

$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$

; $a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$

$\geq M_u = 5.530 \text{ kN.m} \therefore$ O.K [안전률 3.766]

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$

$\geq V_u = 0.000 \text{ kN} \therefore$ 전단보강 불필요

$A_{v_req} = (0.000 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \Phi) = -7.861 \text{ cm}^2$

$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2$ (H16 - 2.0 EA , C.T.C 30.0 cm)

$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$

$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \therefore$ O.K

$\Phi V_h = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 0.000 \text{ kN} \therefore$ O.K

PART 2. 사각3호 구조검토서

- 1,500 x 1,500
- 맨홀 깊이 : 7m
- 지하수위 : 만수위

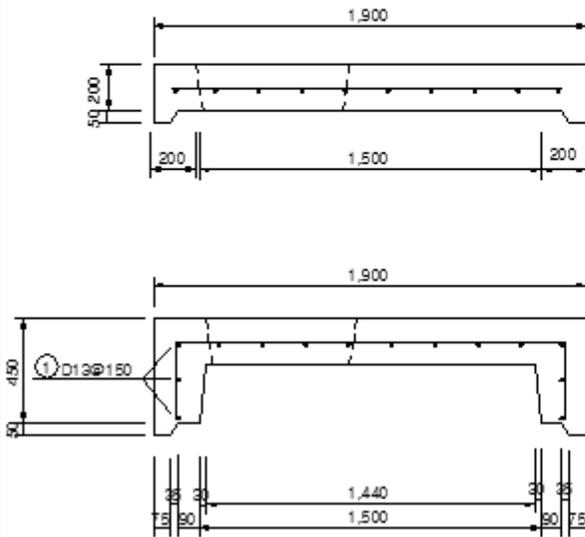
1. 설계도면

맨홀 구조물도

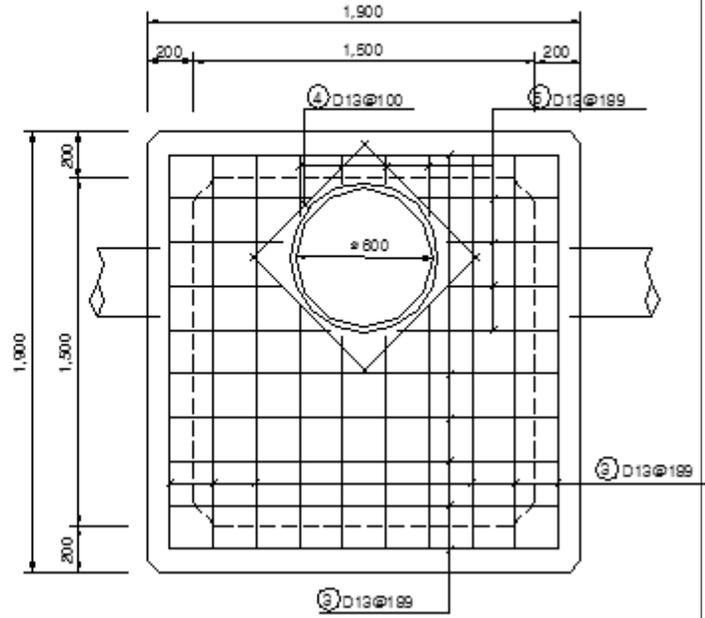
S = 1 : 20

우 수 맨홀 1500x1500

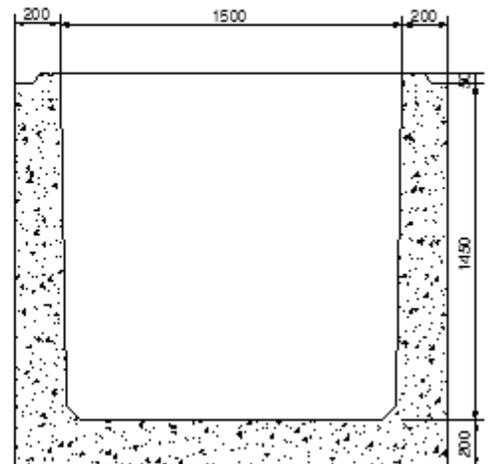
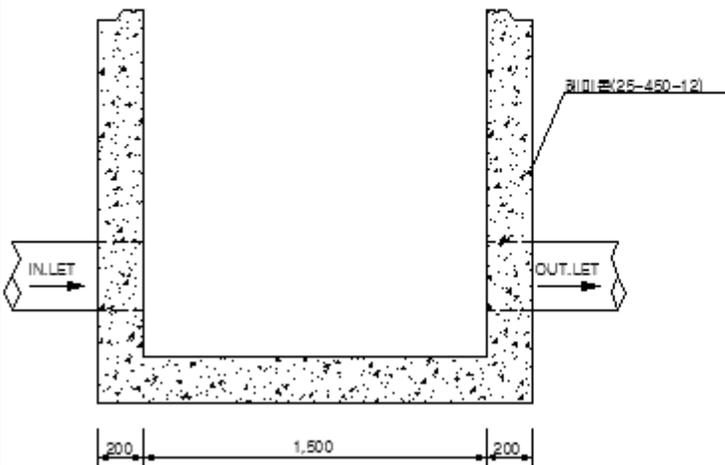
상부구체 단면도



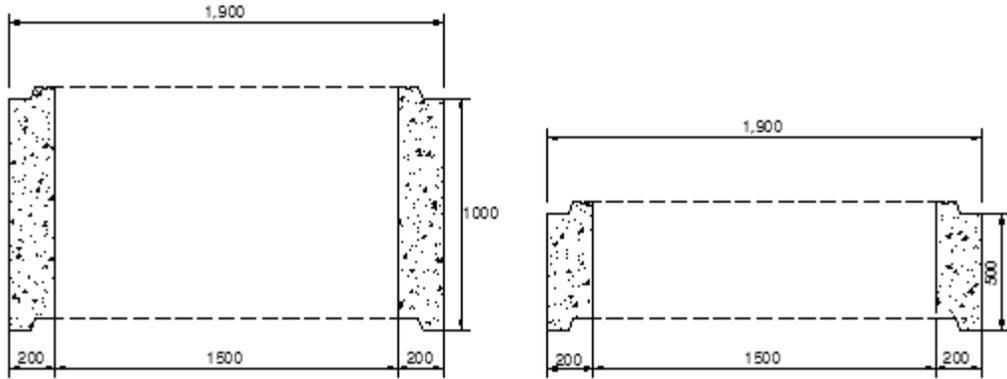
상부구체 평면도



하부구체 단면도



연직구체 단면도



1. 설계조건

1) 형 식 : 사각3호 1,500 x 1,500

2) 기초 형 식: 직접기초

3) 토 질 정 수:

① 단위 체 적 중 량 : $\gamma_t = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{sub} = 8.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$

② 내 부 마 찰 각 : $\Phi = 30 \text{ deg}$

③ 토 압 계 수 : 정지토압계수 적용

$$K_o = 1 - \sin\Phi \\ = 1 - \sin 30 = 0.500$$

측벽부 N치 : 10

저판하단 N치 : 10

- N치 및 내부마찰각은 지반데이터가 없는 관계로 일반적인 값을 사용하며, 실측에 의한 지반데이터가 있는 경우에는 실측값으로 재검토 하여야 한다

4) 하 중

① 고정하중

* 포 장 : $\gamma_a = 23.00 \text{ kN/m}^3$

* 철근 콘크리트 : $\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$

* 무근 콘크리트 : $\gamma_c = 23.00 \text{ kN/m}^3$

② 활 하 중 DB - 24 적용

- 활하중은 10kN/m^2 를 적용함

5) 매 립 깊 이 : $D = 7.0 \text{ m}$

6) 지하수위 : 본 검토서는 현장 조건이 확정되지 않은 상태이므로, 지하수위는 만수위로 적용함.

7) 철근 배근 : HD13@200 (단철근) 적용함.

8) 강도감소계수

$$\begin{aligned} * \quad & \text{휨} & : & \Phi_f = 0.85 \\ * \quad & \text{전단} & : & \Phi_v = 0.75 \end{aligned}$$

9) 사용 재료

① 콘크리트 강도 : $f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$

② 콘크리트 탄성계수 : $E_c = 4270 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_{ck}}$
 $= 35.805 \times 10^5 \text{ Mpa}$ ----- 콘,구 P70

③ 철근 항복 강도 : $f_y = 400 \text{ Mpa}$

④ 철근 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ Mpa}$

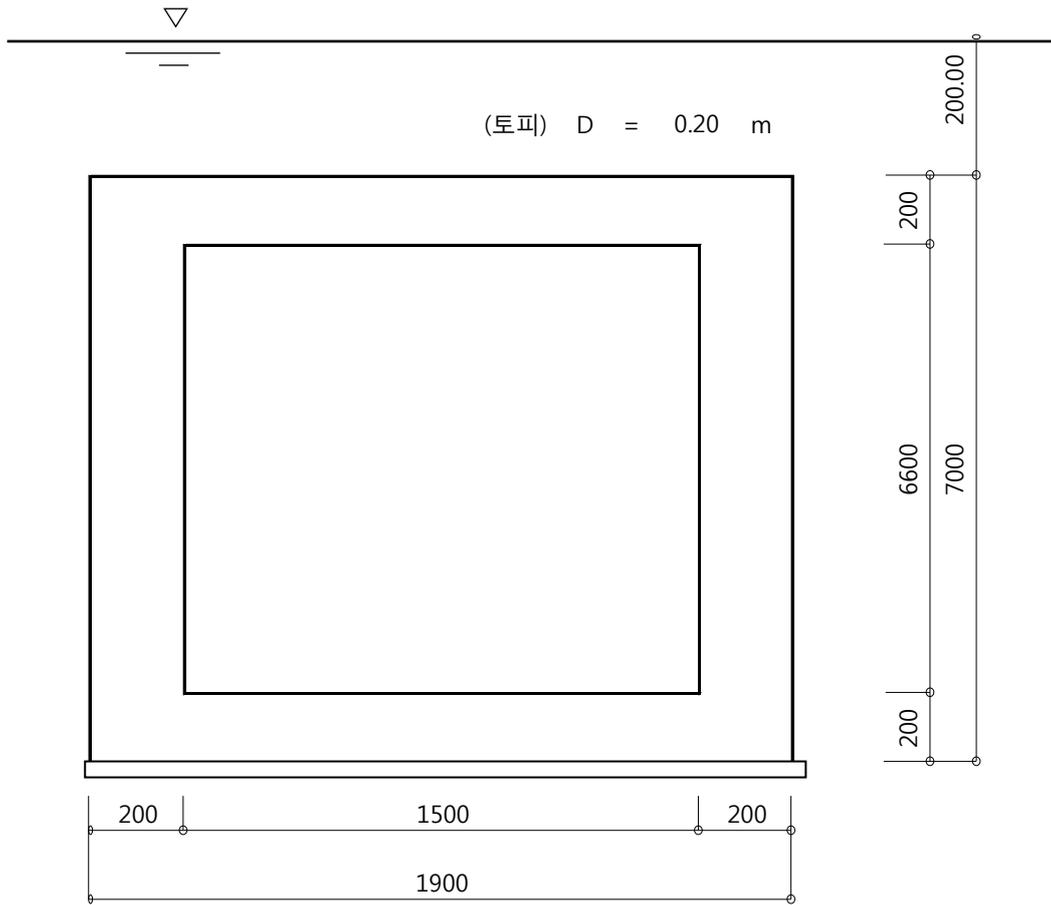
10) 참고자료

① 도로교 설계기준 : 건 교 부 (2000)

② 콘크리트 구조설계기준 : 건 교 부 (2007)

③ 철근 콘크리트 설계편람 : 건 교 부 (1991)

2. 단면가정



3. 부력 검토

3.1 구조물에 작용하는 부력 산정

1) 부력

- 산정식 : $U = rw \times h \times B$

여기서 U : 부력 (kN)

rw : 물의 단위 중량 (kN/m^3) : 10

h : 지하수 심도 (m) : 7.2

B : 부력의 면적 (m^2) : $1.9 \times 1.9 \times = 3.61$

$$- U = 1.9 \times 1.9 \times 7.2 \times 10 = 259.92 \text{ kN}$$

3.2 저항력

1) 저항력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중의 총합으로 한다

- 구체 자중은 구조물 자중만을 고려하는 것으로 한다

- 산정식 : $R = W + F$

여기서 R : 저항력 (kN)

W : 구체의 자중 (kN)

F : 맨홀 구체와 흙과의 주변마찰력 (kN)

2) 구조물의 자중 계산

$$- \text{상부구체} : (1.9 \times 1.9 \times 0.2) \times 25 = 18.05 \text{ kN}$$

$$- \text{연직구체} : ((1.9 \times 1.9 \times 7) - (1.5 \times 1.5 \times 7)) \times 25 = 238 \text{ kN}$$

$$- \text{하부구체} : (1.9 \times 1.9 \times 0.2) \times 25 = 18.05 \text{ kN}$$

$$274.1 \text{ kN}$$

3) 맨홀 구체와 흙과의 마찰력

$$F = U \times \Sigma(fs \times \Delta l) = 307.15 \text{ kN}$$

$$fs = \sigma \tan \delta$$

$$\sigma = \text{흙의 단위중량} \times \text{해당심도} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta : \text{흙과 콘크리트말뚝간의 마찰각} (= 30^\circ)$$

$$fs : \text{단위면적당 말뚝 주면 마찰력} = 5.77 \text{ kN/m}^2$$

$$U : \text{말뚝 주면장} = 7.60 \text{ (m)}$$

$$\Delta l : \text{단위 심도} = 7 \text{ m}$$

3.3 안정 검토

- 총저항력 R : $W + F = 581.25 \text{ kN}$

$$- \text{안전율 } F = R / U = 581.25 / 259.92 = 2.24 > 1.0 \quad \text{---- O.K}$$

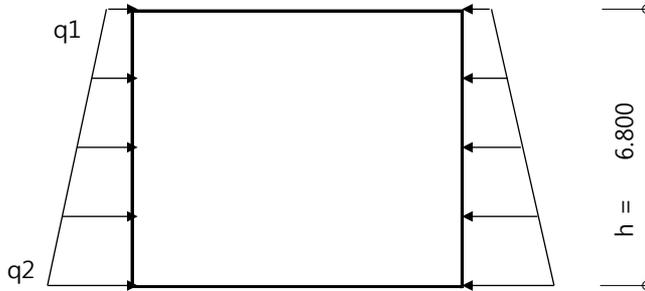
4. 하 중

1) 고정하중 (지하수가 없을때) - CASE 1

$$\textcircled{1} \text{ 흙 자 중} : 0.200 \times 18.00 = \frac{3.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 3.600 \text{ kN/m}^2}$$

2) 토 압 (지하수가 없을때) - CASE 2

$$* \text{ 정지토압계수 } K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$$



① 전 토 압

$$q_1 = 0.5 \times (0.300 \times 18.00) = 2.700 \text{ kN/m}^2$$

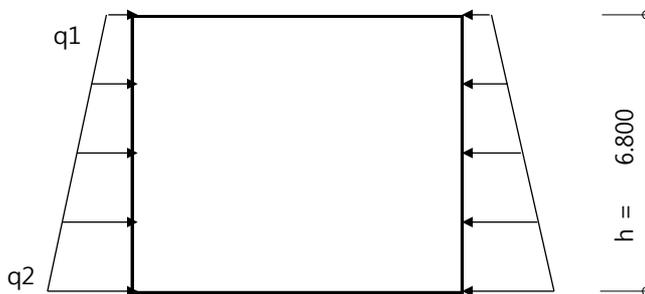
$$q_2 = 2.700 + 0.5 \times 6.800 \times 18.00 = 63.900 \text{ kN/m}^2$$

3) 고정하중 (지하수가 있을때) - CASE 3

$$\textcircled{1} \text{ 흙 자 중} : 0.200 \times 8.00 = \frac{1.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 1.600 \text{ kN/m}^2}$$

4) 토 압 (지하수가 있을때) - CASE 4

$$* \text{ 정지토압계수 } K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$$



① 전 토 압

$$q_1 = 0.5 \times (0.300 \times 8.00) = 1.200 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 1.200 + 0.5 \times 6.800 \times 8.00 = 28.400 \text{ kN/m}^2$$

5) 활 하 중 - CASE 5

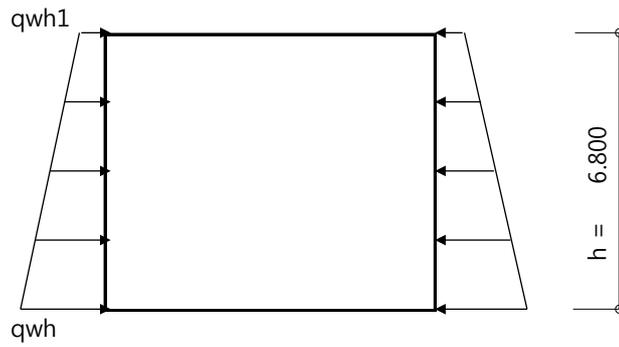
① 지표재하활하중: DB - 24 적용

② 연직하중 및 측면하중 (토피 두께가 0.200 m 이므로)

$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

6) 횡수압 - CASE 7



$$qwh1 = (0.200 + 0.100) \times 10.00 = 3.00 \text{ kN/m}^2$$

$$qwh2 = 3.00 + 6.800 \times 10.000 = 71.000 \text{ kN/m}^2$$

7) 종수압 - CASE 8

① 상부슬래브에 작용하는 수압

$$qvw1 = 0.200 \times 10.00 = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

② 하부슬래브에 작용하는 수압

$$qvw2 = (0.200 + 7.00) \times 10.00 = 72.0 \text{ kN/m}^2$$

5. 지반반력계수 산정

1) 지반반력계수 산정

- ① 지반의 변형계수

$$E_o = 28000 \text{ kN/m}^2$$

- ② 연직방향 지반반력계수 ($\alpha = 1$)

$$K_{vo} = 1/0.3 \times \alpha \times E_o = 1/0.3 \times 1 \times 28000 = 93333.3 \text{ kN/m}^2$$

- ③ 환산재하폭

$$B_v = \sqrt{1.9 \times 1.9} = 1.9 \text{ m}$$

- ④ 환산재하폭을 고려한 지반반력계수

$$\begin{aligned} K_v &= K_{vo} \times (B_v / 0.3)^{-3/4} \\ &= 93333.3 \times (1.900 / 0.3)^{-3/4} = 23378.3 \text{ kN/m}^3 \\ &= 23378 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

6. 하 중 조 합

1) 극한하중 검토시

하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.4	1.4							
COMB - 2	1.4		1.4				1.4		
COMB - 3	1.2	1.6		1.6	1.6	1.6			1.2
COMB - 4	1.2	1.6			1.6	1.6			1.2
COMB - 5	1.2		1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 6	1.2		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 7	1.2			1					
COMB - 8	1.2								
COMB - 9	0.9	1.6			1.6	1.6			
COMB - 10	0.9		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	
COMB - 11	1.2	1.6		1.6	0.8	0.8			1.2
COMB - 12	1.2	1.6			0.8	0.8			1.2
COMB - 13	1.2		1.6	1.6	0.8	0.8	1.6	0.8	1.2
COMB - 14	1.2		1.6		0.8	0.8	1.6	0.8	1.2

2) 사용하중 검토시

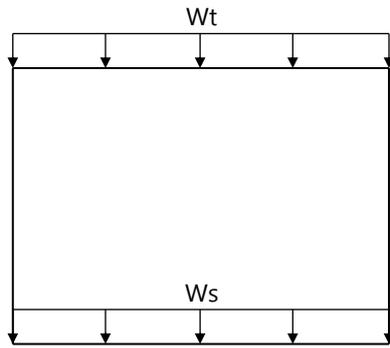
하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.0	1.0							
COMB - 2	1.0		1.0				1.0		
COMB - 3	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0			1.0
COMB - 4	1.0	1.0			1.0	1.0			1.0
COMB - 5	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 6	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 7	1.0			1.0					
COMB - 8	1.0								
COMB - 9	1.0	1.0			1.0	1.0			
COMB - 10	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	
COMB - 11	1.0	1.0		1.0	0.5	0.5			1.0
COMB - 12	1.0	1.0			0.5	0.5			1.0
COMB - 13	1.0		1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
COMB - 14	1.0		1.0		0.5	0.5	1.0	0.5	1.0

* 사용하중은 하중조합의 하중계수를 1사용

7. 하중 재하도

1) CASE 1 - 구체 자중 : PROGRAM내 자동계산

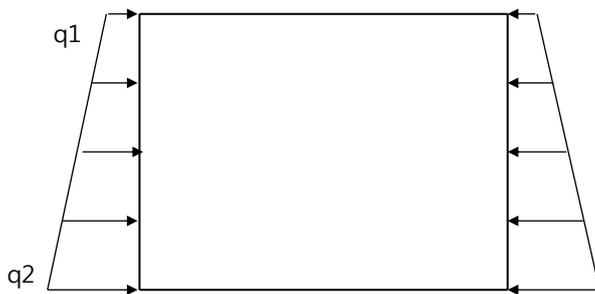
2) CASE 2 - 고정하중 (지하수가 없을때)



$W_t = 3.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

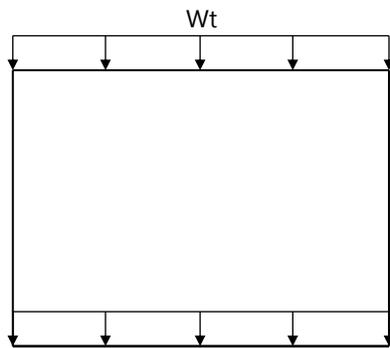
3) CASE 3 - 전 토 압 (지하수가 없을때)



$q_1 = 2.700 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 63.900 \text{ kN/m}^2$

4) CASE 4 - 고정하중 (지하수가 있을때)

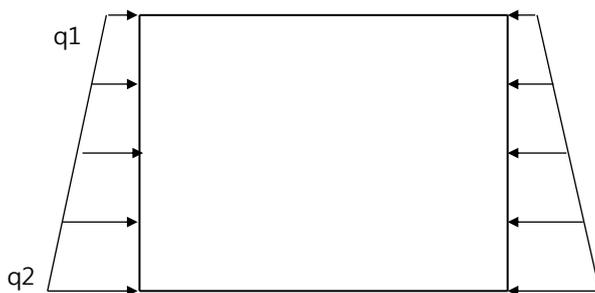


구체 자중은 PROGRAM내 자동계산

$W_t = 1.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

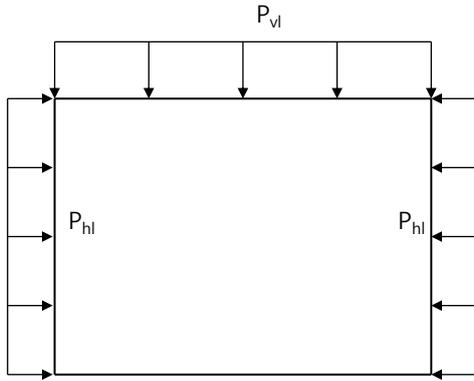
5) CASE 5 - 전 토 압 (지하수가 있을때)



$q_1 = 1.200 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 28.400 \text{ kN/m}^2$

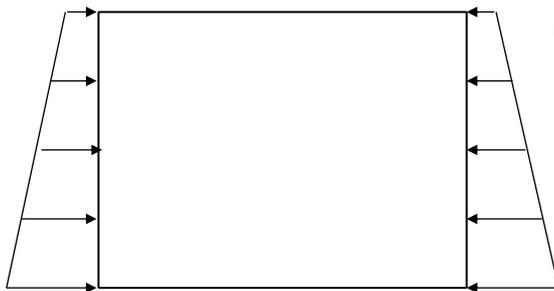
6) CASE 6 - 활 하중



$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

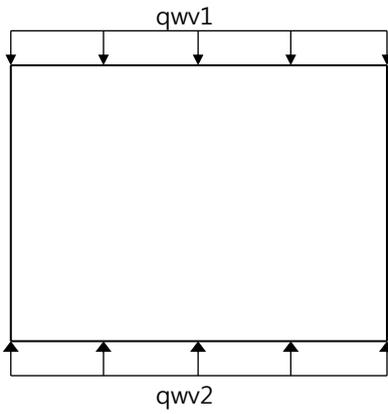
7) CASE 7 - 횡수압



$$q_{wh1} = 3.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 71.000 \text{ kN/m}^2$$

8) CASE 8 - 종수압



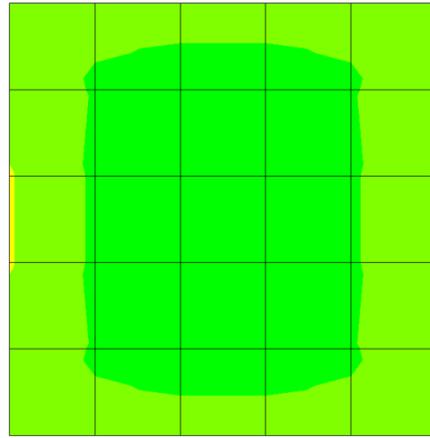
$$q_{wv1} = 2.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wv2} = 72.000 \text{ kN/m}^2$$

8. 부재력도

1) 상부 구체 :

- 모멘트 : 3.77kN-m
- 전단력 : 13.78kN-m



< 상부구체 모멘트도 >

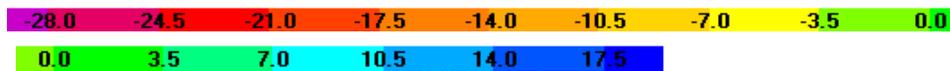
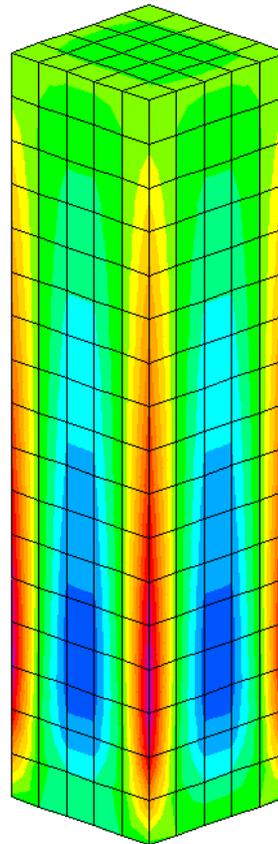
2) 연직 구체 :

- 우각부

- 모멘트 : 30.47kN-m
- 전단력 : 1.51 kN-m

- 일반부

- 모멘트 : 15.32kN-m
- 전단력 : 35.56kN-m



< 연직구체 모멘트도 >

3) 하부 구체 :

- 우각부

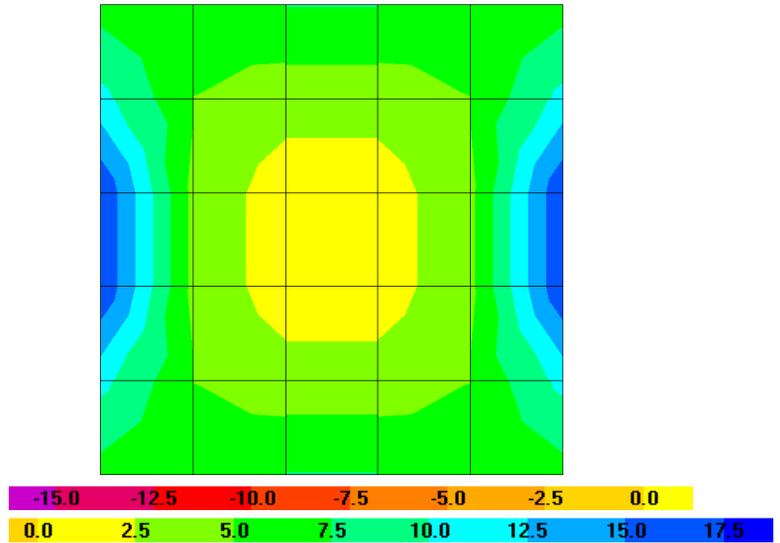
· 모멘트 : 17.29kN-m

· 전단력 : 30.11kN-m

- 일반부

· 모멘트 : 5.56kN-m

· 전단력 : 0kN-m



< 하부구체 모멘트도 >

9. 단면 검토

1) 상부구체 :

$$f_{ck} = 45 \text{ Mp} , \quad f_y = 400 \text{ Mp} , \quad k_1 = 0.85 , \quad \Phi_f = 0.85 , \quad \Phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	3.770	13.780

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{-----} \quad (2)$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 1.115 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200) , \quad [\text{사용률 } 5.682]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi_f \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00634$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 3.770 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 5.524]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 13.780 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (13.780 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \Phi) = -6.569 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_h = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 13.780 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

2) 연 직 구 체 :

① 우각부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\phi_f = 0.85$, $\phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	30.000	20.000	10.000	30.470	1.510

$$M_u / \phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

식(2)를 식(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 4.535 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \text{ (1- H13 @ 200) , [사용률 1.397]}$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / bd = 0.00317$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq A_s(\text{req}) \times 4/3 \rightarrow \text{철근비 만족} \therefore \text{O.K (콘.설 6.3.2)}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2) = 42.365 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 30.470 \text{ kN.m} \therefore \text{O.K [안전률 1.39]}$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 20.00 cm)

$$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 20 = 167.705 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 1.510 \text{ kN} \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (1.510 - 167.705) \times 30 / (400 \times 20 \times \phi) = -7.790 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \text{ (H16 - 2.0 EA , C.T.C 30.0 cm)}$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 20.00 / 30.00 = 105.920 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 20 = 894.427 \text{ kN} > 105.920 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$$

$$\phi V_n = 0.80 \times (209.631 + 105.92) = 252.441 \text{ kN} > 1.510 \text{ kN} \therefore \text{O.K}$$

② 일반부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	15.320	35.560

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 4.618 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200), \quad [\text{사용률 } 1.372]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419, \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / bd = 0.00634$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 15.320 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 1.359]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 35.560 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (35.560 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \Phi) = -4.527 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 35.560 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

3) 하 부 구 체 :

① 우각부

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa} , \quad f_y = 400 \text{ Mpa} , \quad k_1 = 0.85 , \quad \Phi_f = 0.85 , \quad \Phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	26.000	16.000	10.000	17.290	30.110

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 3.212 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200), \quad [\text{사용률 } 1.972]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00396$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq A_s(\text{req}) \times 4/3 \rightarrow \text{철근비 만족} \therefore \text{O.K (콘.설 } 6.3.2)$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 33.749 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 17.290 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K [안전률 } 1.952]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 16.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 16 = 134.164 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 30.110 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (30.110 - 134.164) \times 30 / (400 \times 16 \times \Phi) = -6.097 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 16.00 / 30.00 = 84.736 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 16 = 715.542 \text{ kN} > 84.736 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (167.705 + 84.736) = 201.953 \text{ kN} > 30.110 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 일반부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\Phi_f = 0.85$, $\Phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	5.560	0.000

$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2)$ ----- (1)

$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b)$ ----- (2)

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

→ Req $A_s = 1.650 \text{ cm}^2$

Use $A_s = 6.335 \text{ cm}^2$ (1- H13 @ 200), [사용률 3.839]

☞ 철근비 검토

$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$

$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419$, $P_{min} = 0.004193$ 적용.

$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$

$P_{use} = A_s / bd = 0.00634$

$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow$ 철근비 만족, ∴ O.K

☞ 휨 응력의 검토

$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$

; $a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$

$\geq M_u = 5.560 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{ O.K [안전률 3.746]}$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$

$\geq V_u = 0.000 \text{ kN} \quad \therefore$ 전단보강 불필요

$A_{v_req} = (0.000 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \Phi) = -7.861 \text{ cm}^2$

$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2$ (H16 - 2.0 EA, C.T.C 30.0 cm)

$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$

$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{ O.K}$

$\Phi V_n = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 0.000 \text{ kN} \quad \therefore \text{ O.K}$

PART 3. 사각4호 구조검토서

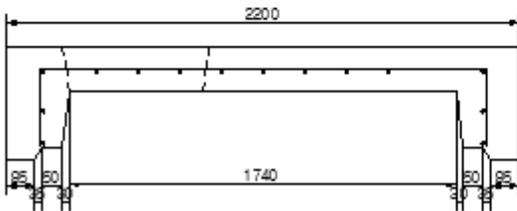
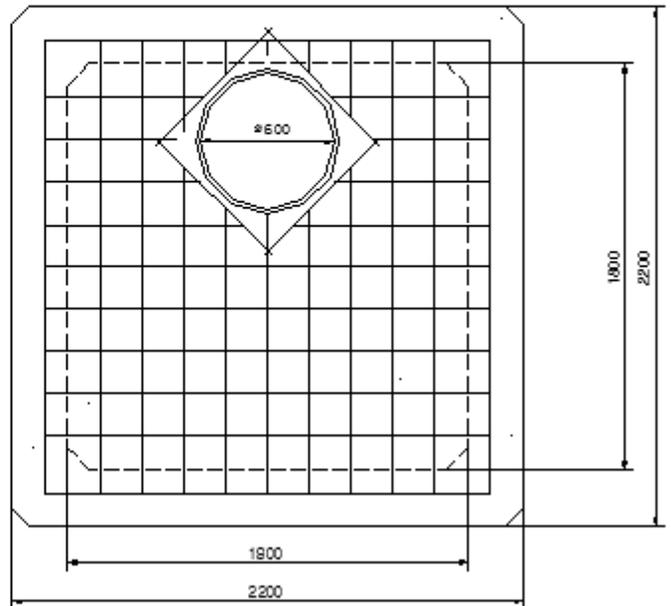
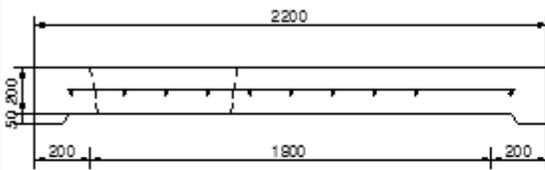
- 1,800 x 1,800
- 맨홀 깊이 : 6m
- 지하수위 : 만수위

1. 설계도면

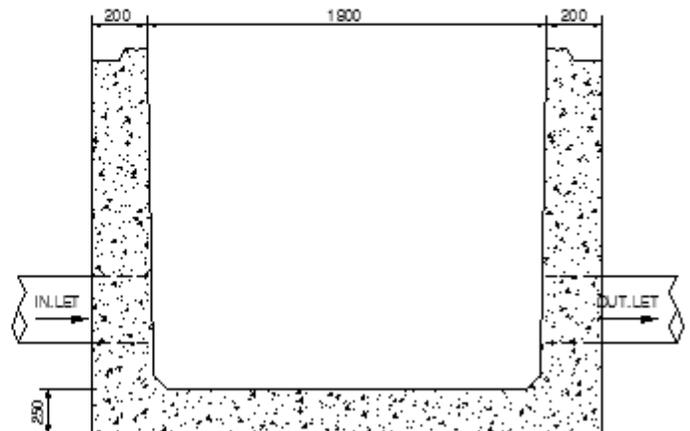
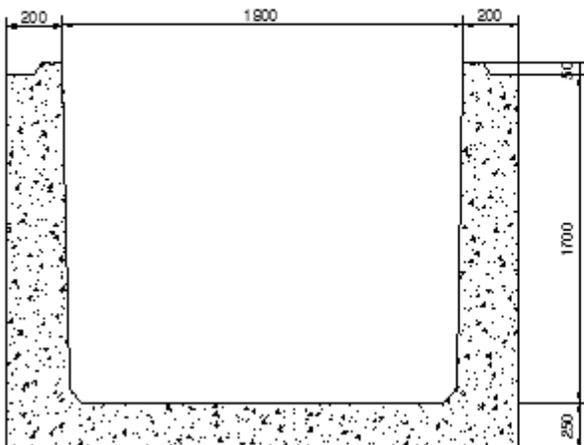
맨홀 구조물도

우수 맨홀 1800x1800 S = 1 : 20

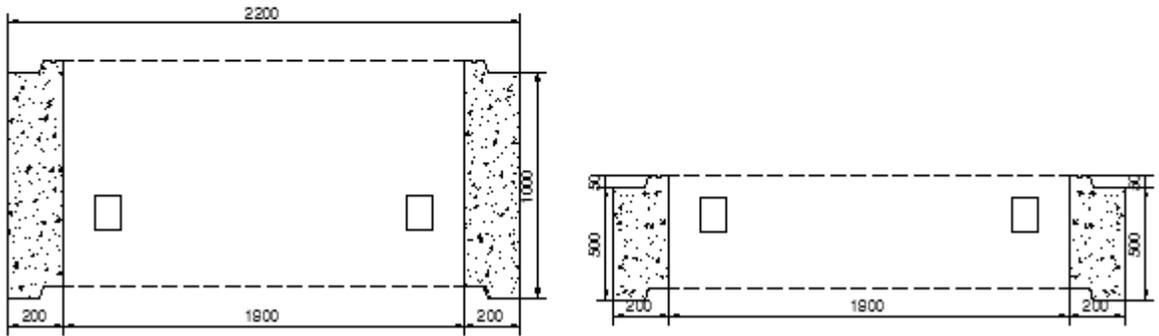
상부구체 단면도



하부구체 단면도



연직구체 단면도



1. 설계조건

1) 형 식 : 사각4호 1,800 x 1,800

2) 기초 형 식: 직접기초

3) 토 질 정 수:

① 단위 체 적 중 량 : $\gamma_t = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{sub} = 8.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$

② 내 부 마 찰 각 : $\Phi = 30 \text{ deg}$

③ 토 압 계 수 : 정지토압계수 적용

$$K_o = 1 - \sin\Phi \\ = 1 - \sin 30 = 0.500$$

측벽부 N치 : 10

저판하단 N치 : 10

- N치 및 내부마찰각은 지반데이터가 없는 관계로 일반적인 값을 사용하며, 실측에 의한 지반데이터가 있는 경우에는 실측값으로 재검토 하여야 한다

4) 하 중

① 고정하중

* 포 장 : $\gamma_a = 23.00 \text{ kN/m}^3$

* 철근 콘크리트 : $\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$

* 무근 콘크리트 : $\gamma_c = 23.00 \text{ kN/m}^3$

② 활 하 중 DB - 24 적용

- 활하중은 10kN/m^2 를 적용함

5) 매 립 깊 이 : $D = 6.0 \text{ m}$

6) 지하수위 : 본 검토서는 현장 조건이 확정되지 않은 상태이므로, 지하수위는 만수위로 적용함.

7) 철근 배근 : HD13@200 (단철근) 적용함.

8) 강도감소계수

$$\begin{aligned} * \quad \text{휨} & : \Phi_f = 0.85 \\ * \quad \text{전단} & : \Phi_v = 0.75 \end{aligned}$$

9) 사용 재료

① 콘크리트 강도 : $f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$

② 콘크리트 탄성계수 : $E_c = 4270 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_{ck}}$
 $= 35.805 \times 10^5 \text{ Mpa}$ ----- 콘,구 P70

③ 철근 항복 강도 : $f_y = 400 \text{ Mpa}$

④ 철근 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ Mpa}$

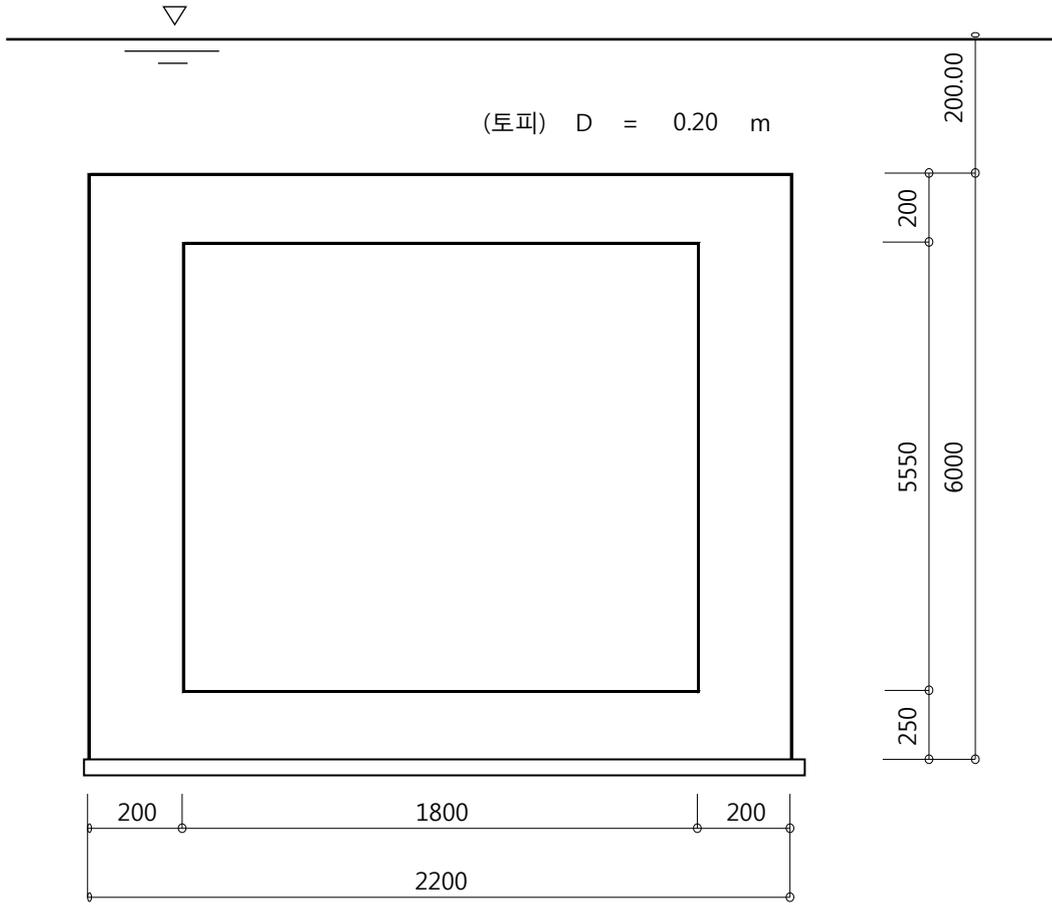
10) 참고자료

① 도로교 설계기준 : 건 교 부 (2000)

② 콘크리트 구조설계기준 : 건 교 부 (2007)

③ 철근 콘크리트 설계편람 : 건 교 부 (1991)

2. 단면가정



3. 부력 검토

3.1 구조물에 작용하는 부력 산정

1) 부력

- 산정식 : $U = rw \times h \times B$

여기서 U : 부력 (kN)

rw : 물의 단위 중량 (kN/m^3) : 10

h : 지하수 심도 (m) : 6.2

B : 부력의 면적 (m^2) : $2.2 \times 2.2 \times = 4.84$

$$- U = 2.2 \times 2.2 \times 6.2 \times 10 = 300.08 \text{ kN}$$

3.2 저항력

1) 저항력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중의 총합으로 한다

- 구체 자중은 구조물 자중만을 고려하는 것으로 한다

- 산정식 : $R = W + F$

여기서 R : 저항력 (kN)

W : 구체의 자중 (kN)

F : 맨홀 구체와 흙과의 주변마찰력 (kN)

2) 구조물의 자중 계산

$$- \text{상부구체} : (2.2 \times 2.2 \times 0.25) \times 25 = 30.25 \text{ kN}$$

$$- \text{연직구체} : ((2.2 \times 2.2 \times 6) - (1.8 \times 1.8 \times 6)) \times 25 = 240 \text{ kN}$$

$$- \text{하부구체} : (2.2 \times 2.2 \times 0.25) \times 25 = 30.25 \text{ kN}$$

$$300.5 \text{ kN}$$

3) 맨홀 구체와 흙과의 마찰력

$$F = U \times \Sigma(fs \times \Delta l) = 304.84 \text{ kN}$$

$$fs = \sigma \tan \delta$$

$$\sigma = \text{흙의 단위중량} \times \text{해당심도} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta : \text{흙과 콘크리트말뚝간의 마찰각} (= 30^\circ)$$

$$fs : \text{단위면적당 말뚝 주면 마찰력} = 5.77 \text{ kN/m}^2$$

$$U : \text{말뚝 주면장} = 8.80 \text{ (m)}$$

$$\Delta l : \text{단위 심도} = 6 \text{ m}$$

3.3 안정 검토

- 총저항력 R : $W + F = 605.34 \text{ kN}$

$$- \text{안전율 } F = R / U = 605.34 / 300.08 = 2.02 > 1.0 \quad \text{---- O.K}$$

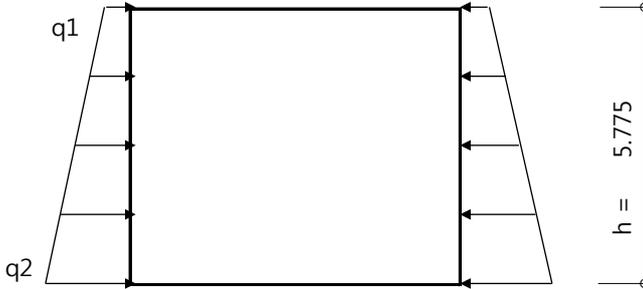
4. 하 중

1) 고정하중 (지하수가 없을때) - CASE 1

$$\textcircled{1} \text{ 흙 자 중} : 0.200 \times 18.00 = \frac{3.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 3.600 \text{ kN/m}^2}$$

2) 토 압 (지하수가 없을때) - CASE 2

$$* \text{ 정지토압계수 } K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$$



① 전 토 압

$$q_1 = 0.5 \times (0.300 \times 18.00) = 2.700 \text{ kN/m}^2$$

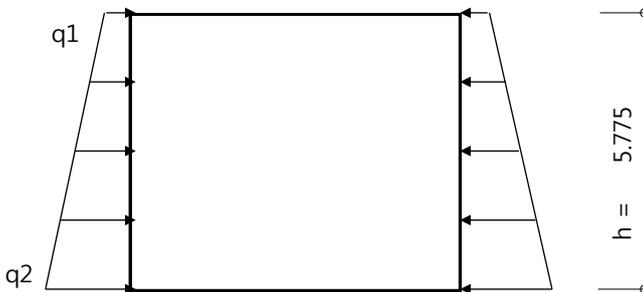
$$q_2 = 2.700 + 0.5 \times 5.775 \times 18.00 = 54.675 \text{ kN/m}^2$$

3) 고정하중 (지하수가 있을때) - CASE 3

$$\textcircled{1} \text{ 흙 자 중} : 0.200 \times 8.00 = \frac{1.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 1.600 \text{ kN/m}^2}$$

4) 토 압 (지하수가 있을때) - CASE 4

$$* \text{ 정지토압계수 } K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$$



① 전 토 압

$$q_1 = 0.5 \times (0.300 \times 8.00) = 1.200 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 1.200 + 0.5 \times 5.775 \times 8.00 = 24.300 \text{ kN/m}^2$$

5) 활 하 중 - CASE 5

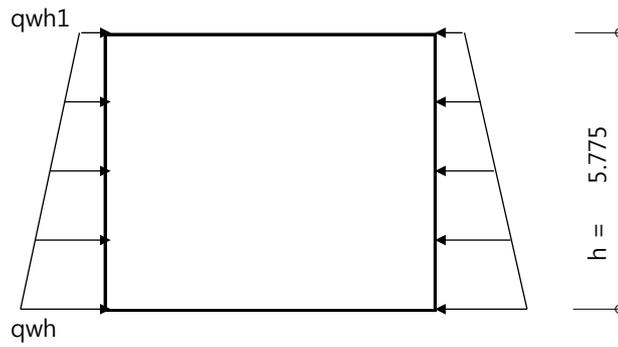
① 지표재하활하중: DB - 24 적용

② 연직하중 및 측면하중 (토피 두께가 0.200 m 이므로)

$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

6) 횡수압 - CASE 7



$$q_{wh1} = (0.200 + 0.100) \times 10.00 = 3.00 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 3.00 + 5.775 \times 10.000 = 60.750 \text{ kN/m}^2$$

7) 종수압 - CASE 8

① 상부슬래브에 작용하는 수압

$$q_{wv1} = 0.200 \times 10.00 = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

② 하부슬래브에 작용하는 수압

$$q_{wv2} = (0.200 + 6.00) \times 10.00 = 62.0 \text{ kN/m}^2$$

5. 지반반력계수 산정

1) 지반반력계수 산정

- ① 지반의 변형계수

$$E_o = 28000 \text{ kN/m}^2$$

- ② 연직방향 지반반력계수 ($\alpha = 1$)

$$K_{vo} = 1/0.3 \times \alpha \times E_o = 1/0.3 \times 1 \times 28000 = 93333.3 \text{ kN/m}^2$$

- ③ 환산재하폭

$$B_v = \sqrt{2.2 \times 2.2} = 2.2 \text{ m}$$

- ④ 환산재하폭을 고려한 지반반력계수

$$\begin{aligned} K_v &= K_{vo} \times (B_v / 0.3)^{-3/4} \\ &= 93333.3 \times (2.200 / 0.3)^{-3/4} = 20944.1 \text{ kN/m}^3 \\ &= 20944 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

6. 하 중 조 합

1) 극한하중 검토시

하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.4	1.4							
COMB - 2	1.4		1.4				1.4		
COMB - 3	1.2	1.6		1.6	1.6	1.6			1.2
COMB - 4	1.2	1.6			1.6	1.6			1.2
COMB - 5	1.2		1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 6	1.2		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 7	1.2			1					
COMB - 8	1.2								
COMB - 9	0.9	1.6			1.6	1.6			
COMB - 10	0.9		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	
COMB - 11	1.2	1.6		1.6	0.8	0.8			1.2
COMB - 12	1.2	1.6			0.8	0.8			1.2
COMB - 13	1.2		1.6	1.6	0.8	0.8	1.6	0.8	1.2
COMB - 14	1.2		1.6		0.8	0.8	1.6	0.8	1.2

2) 사용하중 검토시

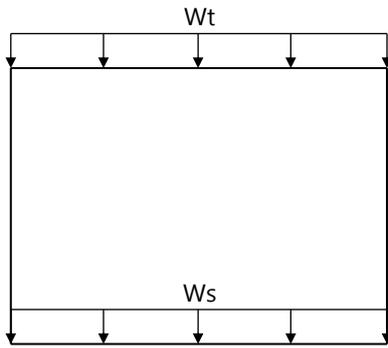
하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.0	1.0							
COMB - 2	1.0		1.0				1.0		
COMB - 3	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0			1.0
COMB - 4	1.0	1.0			1.0	1.0			1.0
COMB - 5	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 6	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 7	1.0			1.0					
COMB - 8	1.0								
COMB - 9	1.0	1.0			1.0	1.0			
COMB - 10	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	
COMB - 11	1.0	1.0		1.0	0.5	0.5			1.0
COMB - 12	1.0	1.0			0.5	0.5			1.0
COMB - 13	1.0		1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
COMB - 14	1.0		1.0		0.5	0.5	1.0	0.5	1.0

* 사용하중은 하중조합의 하중계수를 1사용

7. 하중 재하도

1) CASE 1 - 구체 자중 : PROGRAM내 자동계산

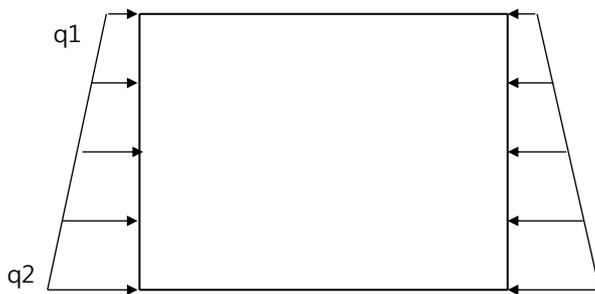
2) CASE 2 - 고정하중 (지하수가 없을때)



$W_t = 3.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

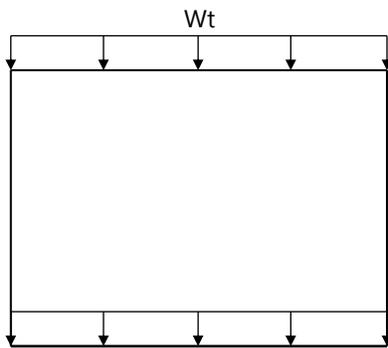
3) CASE 3 - 전 토 압 (지하수가 없을때)



$q_1 = 2.700 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 54.675 \text{ kN/m}^2$

4) CASE 4 - 고정하중 (지하수가 있을때)

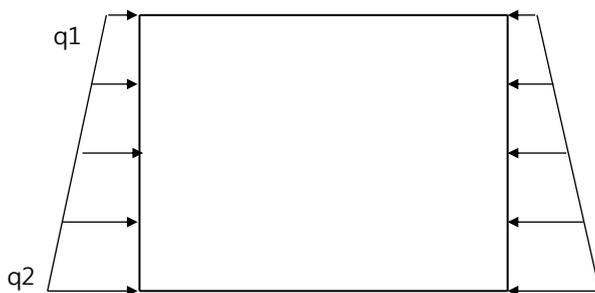


구체 자중은 PROGRAM내 자동계산

$W_t = 1.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

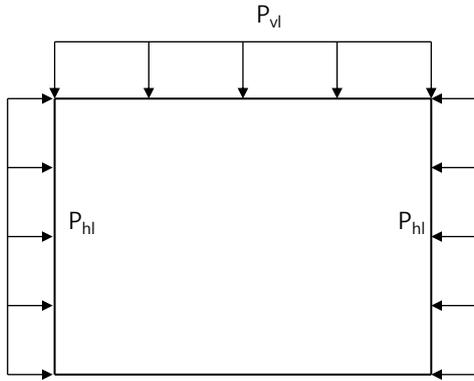
5) CASE 5 - 전 토 압 (지하수가 있을때)



$q_1 = 1.200 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 24.300 \text{ kN/m}^2$

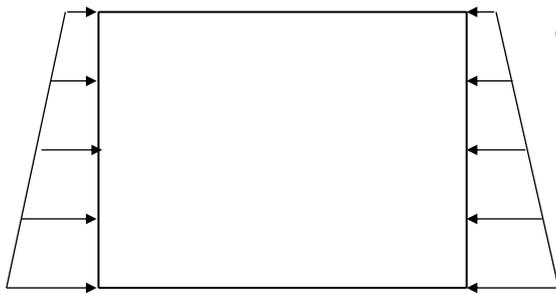
6) CASE 6 - 활 하중



$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

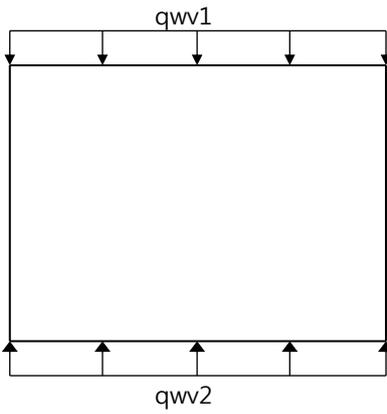
7) CASE 7 - 횡수압



$$q_{wh1} = 3.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 60.750 \text{ kN/m}^2$$

8) CASE 8 - 종수압



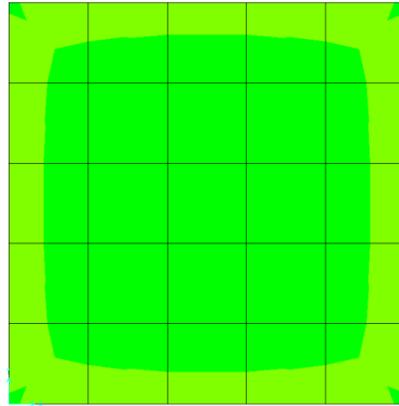
$$q_{wv1} = 2.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wv2} = 62.000 \text{ kN/m}^2$$

8. 부재력도

1) 상부 구체 :

- 모멘트 : 2.60kN-m
- 전단력 : 24.29kN-m



< 상부구체 모멘트도 >

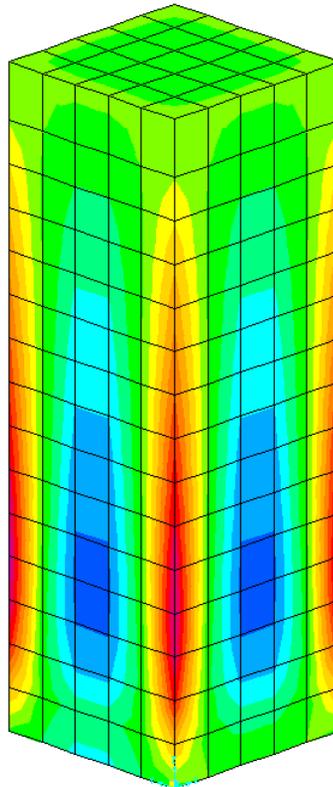
2) 연직 구체 :

- 우각부

- 모멘트 : 33.91kN-m
- 전단력 : 2.08kN-m

- 일반부

- 모멘트 : 16.51kN-m
- 전단력 : 42.54kN-m



< 연직구체 모멘트도 >

3) 하부 구체 :

- 우각부

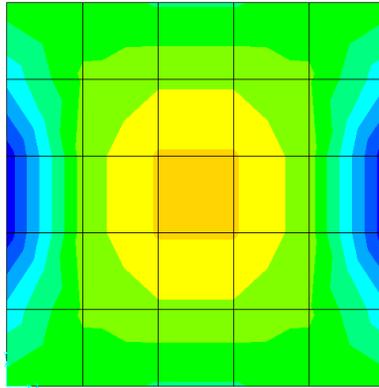
· 모멘트 : 22.29kN-m

· 전단력 : 29.92kN-m

- 일반부

· 모멘트 : 8.48kN-m

· 전단력 : 0kN-m



< 하부구체 모멘트도 >

9. 단면 검토

1) 상부구체 :

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}, \quad f_y = 400 \text{ Mpa}, \quad k_1 = 0.85, \quad \Phi_f = 0.85, \quad \Phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	2.600	24.290

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 0.768 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1\text{- H13 @ 200), \quad [\text{사용률 } 8.249]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419, \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00634$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 2.600 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 8.01]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 10.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 24.290 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (24.290 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \Phi) = -5.584 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } -2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_h = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 24.290 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

2) 연 직 구 체 :

① 우각부

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}, \quad f_y = 400 \text{ Mpa}, \quad k_1 = 0.85, \quad \Phi_f = 0.85, \quad \Phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	30.000	20.000	10.000	33.910	2.080

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 5.054 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1 - \text{H13 @ 200}), \quad [\text{사용률 } 1.253]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419, \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00317$$

$$P_{max} \geq P_{use} < A_s(\text{req}) \times 4/3 \rightarrow \text{철근비 조정 必要} \therefore \text{N.G}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 42.365 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 33.910 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 1.249]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 20.00 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 20 = 167.705 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 2.080 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v, \text{req}} = (2.080 - 167.705) \times 30 / (400 \times 20 \times \Phi) = -7.764 \text{ cm}^2$$

$$A_{v, \text{used}} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16} - 2.0 \text{ EA}, \text{ C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 20.00 / 30.00 = 105.920 \text{ kN}$$

$$V_{s, \text{max}} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 20 = 894.427 \text{ kN} > 105.920 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (209.631 + 105.92) = 252.441 \text{ kN} > 2.080 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 일반부

$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $k_1 = 0.85$, $\phi_f = 0.85$, $\phi_v = 0.75$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	20.000	10.000	10.000	16.510	42.540

$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2)$ ----- (1)

$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b)$ ----- (2)

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

→ Req $A_s = 4.986 \text{ cm}^2$

Use $A_s = 6.335 \text{ cm}^2$ (1- H13 @ 200) , [사용률 1.271]

☞ 철근비 검토

$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$

$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419$, $P_{min} = 0.004193$ 적용.

$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$

$P_{use} = A_s / bd = 0.00634$

$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow$ 철근비 만족, ∴ O.K

☞ 휨 응력의 검토

$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 20.826 \text{ kN.m}$

; $a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$

$\geq M_u = 16.510 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K [안전률 1.261]}$

☞ 전단 응력의 검토 ($D = 10.00 \text{ cm}$)

$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 10 = 83.853 \text{ kN}$

$\geq V_u = 42.540 \text{ kN} \quad \therefore$ 전단보강 불필요

$A_{v_req} = (42.540 - 83.853) \times 30 / (400 \times 10 \times \Phi) = -3.873 \text{ cm}^2$

$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2$ (H16 - 2.0 EA, C.T.C 30.0 cm)

$V_s = 3.972 \times 400 \times 10.00 / 30.00 = 52.960 \text{ kN}$

$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 10 = 447.214 \text{ kN} > 52.960 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$

$\Phi V_n = 0.80 \times (104.816 + 52.96) = 126.221 \text{ kN} > 42.540 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$

3) 하 부 구 체 :

① 우각부

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa} , \quad f_y = 400 \text{ Mpa} , \quad k_1 = 0.85 , \quad \phi_f = 0.85 , \quad \phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	26.000	13.500	12.500	22.290	29.920

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 4.952 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200), \quad [\text{사용률 } 1.279]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00469$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2) = 28.365 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 22.290 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 1.273]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 13.50 cm)

$$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 13.5 = 113.201 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 29.920 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (29.920 - 113.201) \times 30 / (400 \times 13.5 \times \phi) = -5.783 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16} - 2.0 \text{ EA}, \text{ C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 13.50 / 30.00 = 71.496 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 13.5 = 603.738 \text{ kN} > 71.496 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\phi V_n = 0.80 \times (141.501 + 71.496) = 170.398 \text{ kN} > 29.920 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

② 일반부

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa} , \quad f_y = 400 \text{ Mpa} , \quad k_1 = 0.85 , \quad \Phi_f = 0.85 , \quad \Phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	25.000	12.500	12.500	8.480	0.000

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 2.012 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200) , \quad [\text{사용률 } 3.149]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00507$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 26.211 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 8.480 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 3.091]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 12.50 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 12.5 = 104.816 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 0.000 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (0.000 - 104.816) \times 30 / (400 \times 12.5 \times \Phi) = -7.861 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 12.50 / 30.00 = 66.200 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 12.5 = 559.017 \text{ kN} > 66.200 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (131.02 + 66.2) = 157.776 \text{ kN} > 0.000 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

PART 4. 원형4호 구조검토서

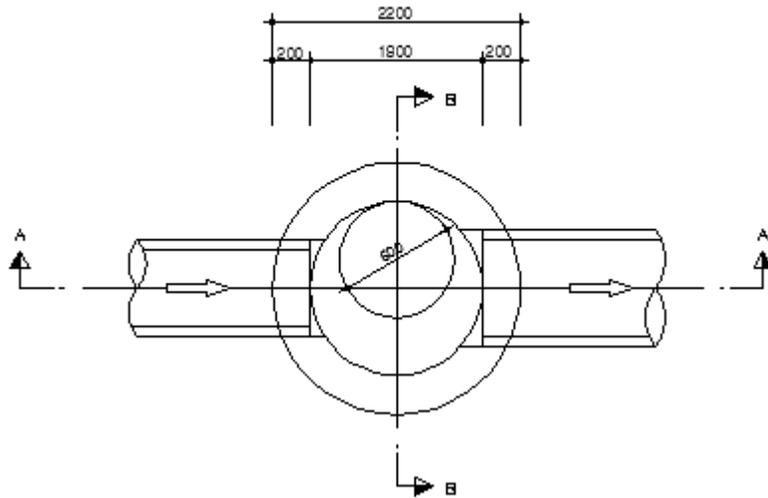
- 2,200 x 2,200
- 맨홀 깊이 : 10m
- 지하수위 : 만수위

1. 설계도면

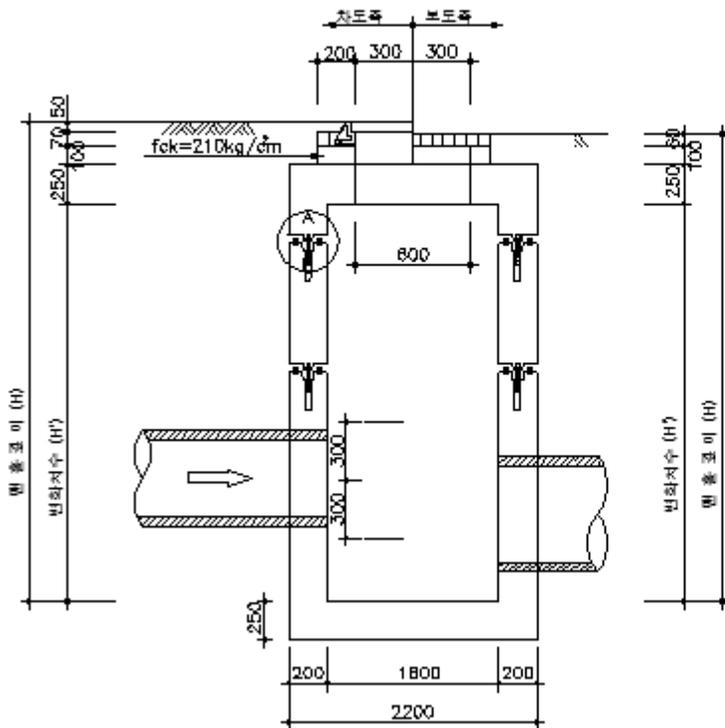
우수원형맨홀 4호

S-1:20

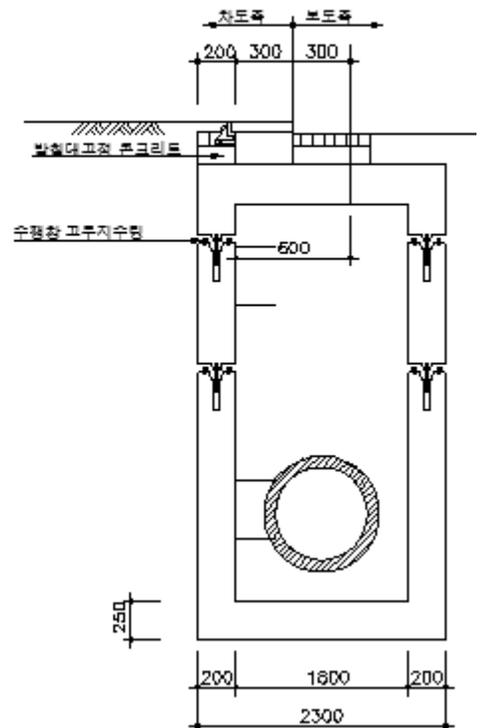
평면도



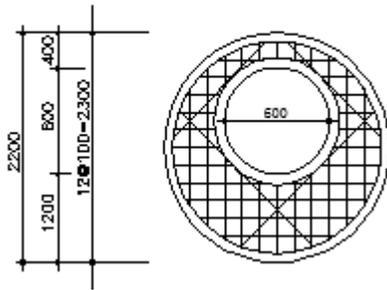
단면 A-A



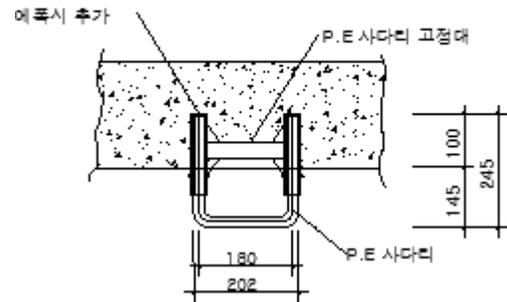
단면 B-B



슬래브 배근도



P.E 사다리 상세도



1. 설계조건

1) 형 식 : 원형4호 $\Phi 1800$

2) 기초 형 식: 직접기초

3) 토 질 정 수:

① 단위 체 적 중 량 : $\gamma_t = 18.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_{sub} = 8.00 \text{ kN/m}^3$
 $\gamma_w = 10.00 \text{ kN/m}^3$

② 내 부 마 찰 각 : $\Phi = 30 \text{ deg}$

③ 토 압 계 수 : 정지토압계수 적용

$$K_o = 1 - \sin\Phi \\ = 1 - \sin 30 = 0.500$$

측벽부 N치 : 10

저판하단 N치 : 10

- N치 및 내부마찰각은 지반데이터가 없는 관계로 일반적인 값을 사용하며, 실측에 의한 지반데이터가 있는 경우에는 실측값으로 재검토 하여야 한다

4) 하 중

① 고정하중

* 포 장 : $\gamma_a = 23.00 \text{ kN/m}^3$

* 철근 콘크리트 : $\gamma_c = 25.00 \text{ kN/m}^3$

* 무근 콘크리트 : $\gamma_c = 23.00 \text{ kN/m}^3$

② 활 하 중 DB - 24 적용

- 활하중은 10kN/m^2 를 적용함

5) 매 립 깊 이 : $D = 10.0 \text{ m}$

6) 지하수위 : 본 검토서는 현장 조건이 확정되지 않은 상태이므로, 지하수위는 만수위로 적용함.

7) 철근 배근 : HD13@200 (단철근) 적용함.

8) 강도감소계수

$$\begin{aligned} * \quad \text{휨} & : \Phi_f = 0.85 \\ * \quad \text{전단} & : \Phi_v = 0.75 \end{aligned}$$

9) 사용 재료

① 콘크리트 강도 : $f_{ck} = 45 \text{ Mpa}$

② 콘크리트 탄성계수 : $E_c = 4270 \times w_c^{1.5} \times \sqrt{f_{ck}}$
 $= 35.805 \times 10^5 \text{ Mpa}$ ----- 콘,구 P70

③ 철근 항복 강도 : $f_y = 400 \text{ Mpa}$

④ 철근 탄성계수 : $E_s = 2.0 \times 10^6 \text{ Mpa}$

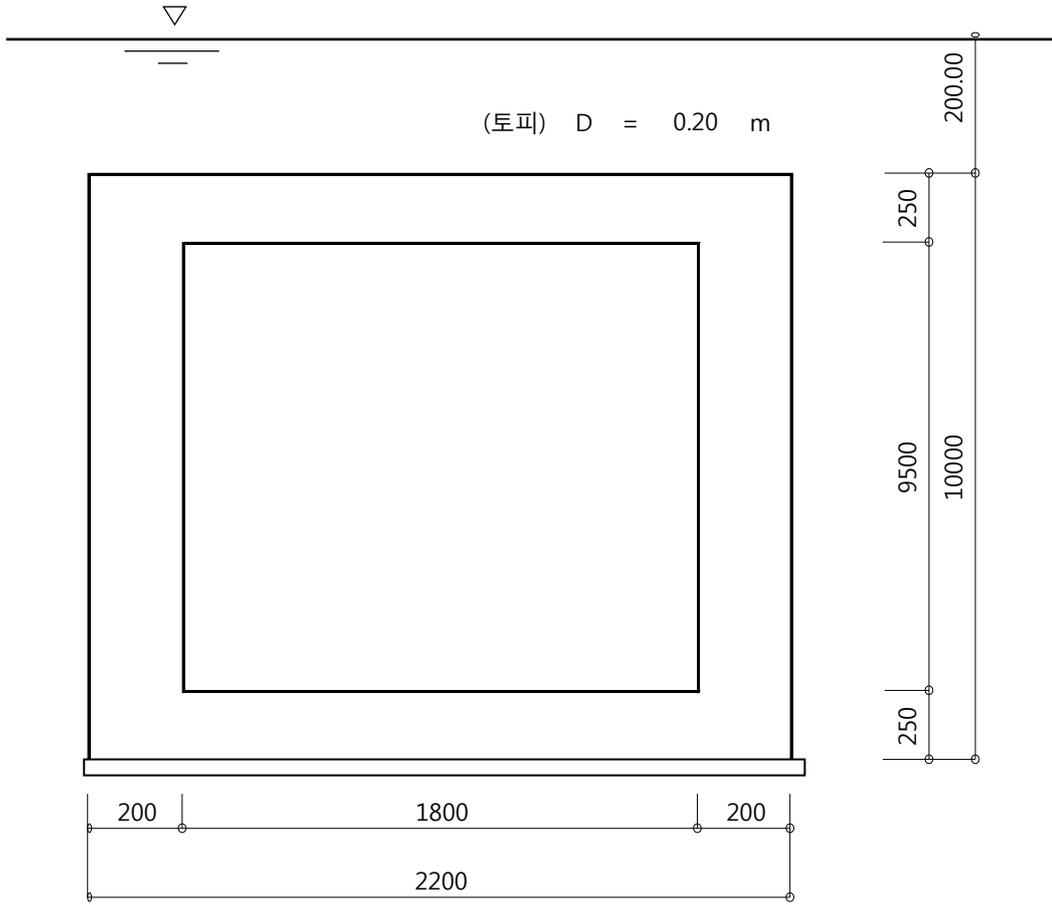
10) 참고자료

① 도로교 설계기준 : 건 교 부 (2000)

② 콘크리트 구조설계기준 : 건 교 부 (2007)

③ 철근 콘크리트 설계편람 : 건 교 부 (1991)

2. 단면가정



3. 부력 검토

3.1 구조물에 작용하는 부력 산정

1) 부력

- 산정식 : $U = rw \times h \times B$

여기서 U : 부력 (kN)

rw : 물의 단위 중량 (kN/m^3) : 10

h : 지하수 심도 (m) : 10.2

B : 부력의 면적 (m^2) : $3.14 / 4 \times 2.2^2$

$$- U = 3.14 / 4 \times 2.2^2 \times 10.2 \times 10 = 387.54 \text{ kN}$$

3.2 저항력

1) 저항력

- 부력에 대한 저항력(R)은 고정하중인 구체자중 및 상재 고정하중의 총합으로 한다

- 구체 자중은 구조물 자중만을 고려하는 것으로 한다

- 산정식 : $R = W + F$

여기서 R : 저항력 (kN)

W : 구체의 자중 (kN)

F : 맨홀 구체와 흙과의 주변마찰력 (kN)

2) 구조물의 자중 계산

$$- \text{상부구체} : (3.14 / 4 \times 2.2^2 \times 0.25) \times 25 = 23.75 \text{ kN}$$

$$- \text{연직구체} : (3.14/4 \times 2.2^2 \times 10) - (3.14/4 \times 1.8^2 \times 10) \times 25 = 316.03 \text{ kN}$$

$$- \text{하부구체} : (3.14 / 4 \times 2.2^2 \times 0.25) \times 25 = 23.75 \text{ kN}$$

$$363.53 \text{ kN}$$

3) 맨홀 구체와 흙과의 마찰력

$$F = U \times \Sigma(fs \times \Delta l) = 406.34 \text{ kN}$$

$$fs = \sigma \tan \delta$$

$$\sigma = \text{흙의 단위중량} \times \text{해당심도} = 10 \text{ kN/m}^2$$

$$\delta : \text{흙과 콘크리트말뚝간의 마찰각} (= 30^\circ)$$

$$fs : \text{단위면적당 말뚝 주면 마찰력} = 5.77 \text{ kN/m}^2$$

$$U : \text{말뚝 주면장} = 6.90 \text{ (m)}$$

$$\Delta l : \text{단위 심도} = 10 \text{ m}$$

3.3 안정 검토

- 총저항력 R : $W + F = 769.87 \text{ kN}$

$$- \text{안전율 } F = R / U = 769.87 / 387.54 = 1.99 > 1.0 \quad \text{---- O.K}$$

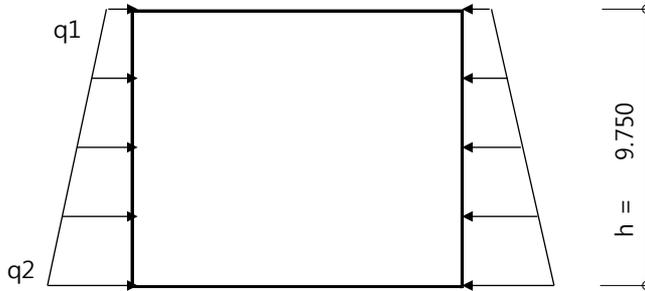
4. 하 중

1) 고정하중 (지하수가 없을때) - CASE 1

$$\textcircled{1} \text{ 흙 자 중} : 0.200 \times 18.00 = \frac{3.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 3.600 \text{ kN/m}^2}$$

2) 토 압 (지하수가 없을때) - CASE 2

$$* \text{ 정지토압계수 } K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$$



① 전 토 압

$$q_1 = 0.5 \times (0.325 \times 18.00) = 2.925 \text{ kN/m}^2$$

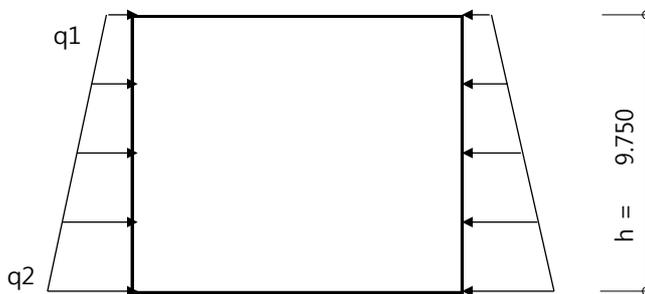
$$q_2 = 2.925 + 0.5 \times 9.750 \times 18.00 = 90.675 \text{ kN/m}^2$$

3) 고정하중 (지하수가 있을때) - CASE 3

$$\textcircled{1} \text{ 흙 자 중} : 0.200 \times 8.00 = \frac{1.600 \text{ kN/m}^2}{\Sigma 1.600 \text{ kN/m}^2}$$

4) 토 압 (지하수가 있을때) - CASE 4

$$* \text{ 정지토압계수 } K_o = 1 - \sin 30 = 0.500$$



① 전 토 압

$$q_1 = 0.5 \times (0.325 \times 8.00) = 1.300 \text{ kN/m}^2$$

$$q_2 = 1.300 + 0.5 \times 9.750 \times 8.00 = 40.300 \text{ kN/m}^2$$

5) 활 하 중 - CASE 5

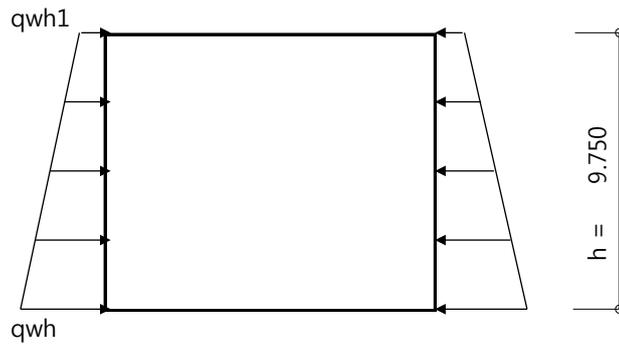
① 지표재하활하중: DB - 24 적용

② 연직하중 및 측면하중 (토피 두께가 0.200 m 이므로)

$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

6) 횡수압 - CASE 7



$$q_{wh1} = (0.200 + 0.125) \times 10.00 = 3.25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 3.25 + 9.750 \times 10.000 = 100.750 \text{ kN/m}^2$$

7) 종수압 - CASE 8

① 상부슬래브에 작용하는 수압

$$q_{wv1} = 0.200 \times 10.00 = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

② 하부슬래브에 작용하는 수압

$$q_{wv2} = (0.200 + 10.00) \times 10.00 = 102.0 \text{ kN/m}^2$$

5. 지반반력계수 산정

1) 지반반력계수 산정

- ① 지반의 변형계수

$$E_o = 28000 \text{ kN/m}^2$$

- ② 연직방향 지반반력계수 ($\alpha = 1$)

$$K_{vo} = 1/0.3 \times \alpha \times E_o = 1/0.3 \times 1 \times 28000 = 93333.3 \text{ kN/m}^2$$

- ③ 환산재하폭

$$B_v = \sqrt{(3.14 \times d^2) / 4} = 1.949 \text{ m}$$

- ④ 환산재하폭을 고려한 지반반력계수

$$\begin{aligned} K_v &= K_{vo} \times (B_v / 0.3)^{-3/4} \\ &= 93333.3 \times (1.949 / 0.3)^{-3/4} = 22934.3 \text{ kN/m}^3 \\ &= 22934 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

6. 하 중 조 합

1) 극한하중 검토시

하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.4	1.4							
COMB - 2	1.4		1.4				1.4		
COMB - 3	1.2	1.6		1.6	1.6	1.6			1.2
COMB - 4	1.2	1.6			1.6	1.6			1.2
COMB - 5	1.2		1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 6	1.2		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	1.2
COMB - 7	1.2			1					
COMB - 8	1.2								
COMB - 9	0.9	1.6			1.6	1.6			
COMB - 10	0.9		1.6		1.6	1.6	1.6	1.6	
COMB - 11	1.2	1.6		1.6	0.8	0.8			1.2
COMB - 12	1.2	1.6			0.8	0.8			1.2
COMB - 13	1.2		1.6	1.6	0.8	0.8	1.6	0.8	1.2
COMB - 14	1.2		1.6		0.8	0.8	1.6	0.8	1.2

2) 사용하중 검토시

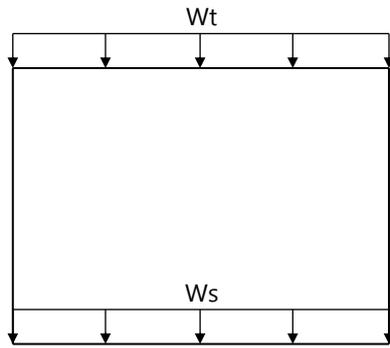
하중종류 COMB	고정하중			활하중	수평 활하중	토압	연직 수압	수평 수압	건조 수축
	구체 자중	지하수 無	지하수 有						
COMB - 1	1.0	1.0							
COMB - 2	1.0		1.0				1.0		
COMB - 3	1.0	1.0		1.0	1.0	1.0			1.0
COMB - 4	1.0	1.0			1.0	1.0			1.0
COMB - 5	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 6	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
COMB - 7	1.0			1.0					
COMB - 8	1.0								
COMB - 9	1.0	1.0			1.0	1.0			
COMB - 10	1.0		1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	
COMB - 11	1.0	1.0		1.0	0.5	0.5			1.0
COMB - 12	1.0	1.0			0.5	0.5			1.0
COMB - 13	1.0		1.0	1.0	0.5	0.5	1.0	0.5	1.0
COMB - 14	1.0		1.0		0.5	0.5	1.0	0.5	1.0

* 사용하중은 하중조합의 하중계수를 1사용

7. 하중 재하도

1) CASE 1 - 구체 자중 : PROGRAM내 자동계산

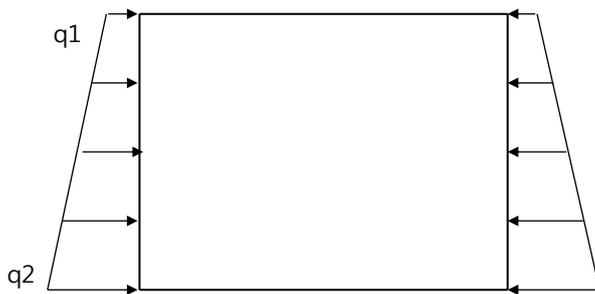
2) CASE 2 - 고정하중 (지하수가 없을때)



$W_t = 3.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

3) CASE 3 - 전 토 압 (지하수가 없을때)

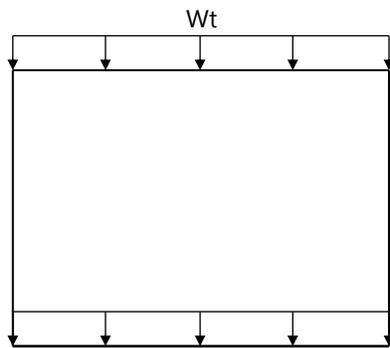


$q_1 = 2.925 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 90.675 \text{ kN/m}^2$

4) CASE 4 - 고정하중 (지하수가 있을때)

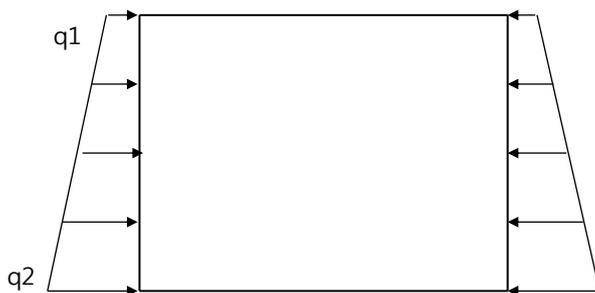
구체 자중은 PROGRAM내 자동계산



$W_t = 1.600 \text{ kN/m}^2$

$W_s = 0.000 \text{ kN/m}^2$

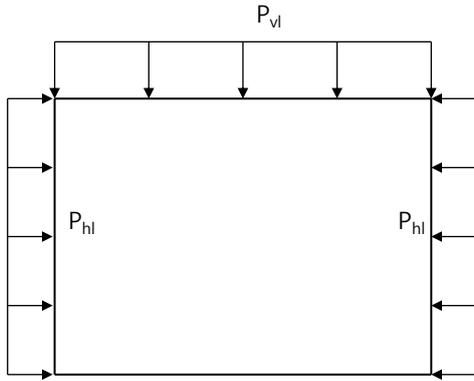
5) CASE 5 - 전 토 압 (지하수가 있을때)



$q_1 = 1.300 \text{ kN/m}^2$

$q_2 = 40.300 \text{ kN/m}^2$

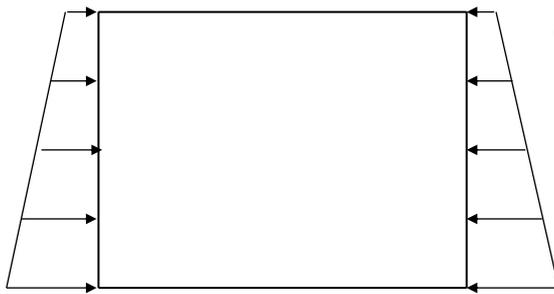
6) CASE 6 - 활 하중



$$P_{vl} = 10.000 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{hl} = 5.000 \text{ kN/m}^2$$

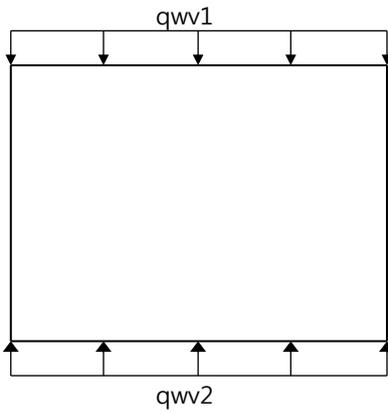
7) CASE 7 - 횡수압



$$q_{wh1} = 3.250 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wh2} = 100.750 \text{ kN/m}^2$$

8) CASE 8 - 종수압



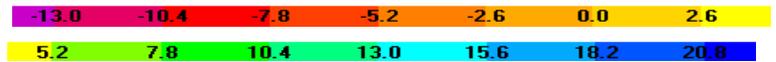
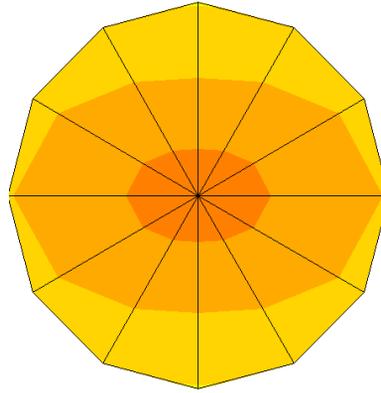
$$q_{wv1} = 2.000 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{wv2} = 102.000 \text{ kN/m}^2$$

8. 부재력도

1) 상부 구체 :

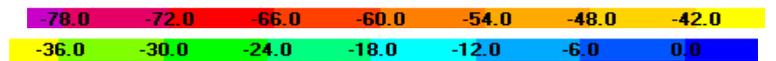
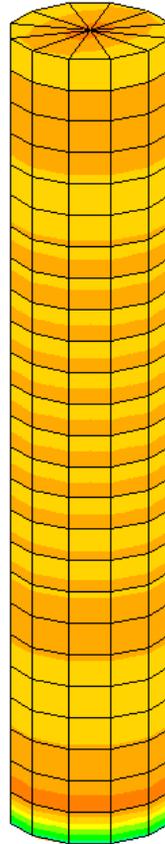
- 모멘트 : 4.30kN-m
- 전단력 : 14.35kN-m



< 상부구체 모멘트도 >

2) 연직 구체 :

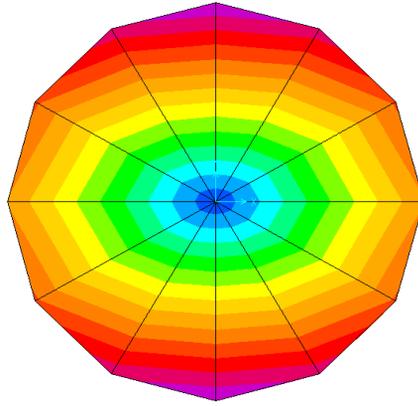
- 모멘트 : 11.32kN-m
- 전단력 : 36.05kN-m



< 연직구체 모멘트도 >

3) 하부 구체 :

- 모멘트 : 20.41kN-m
- 전단력 : 28.69kN-m



9. 단면 검토

1) 상부구체 :

$$f_{ck} = 45 \text{ Mp} , \quad f_y = 400 \text{ Mp} , \quad k_1 = 0.85 , \quad \Phi_f = 0.85 , \quad \Phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	25.000	12.500	12.500	4.300	14.350

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{-----} \quad (2)$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 1.016 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1- \text{ H13 } @ 200), \quad [\text{사용률 } 6.235]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419 , \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \Phi_f (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / bd = 0.00507$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\Phi M_n = \Phi A_s f_y (d - a/2) = 26.211 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 4.300 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 6.096]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 12.50 cm)

$$\Phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 12.5 = 104.816 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 14.350 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (14.350 - 104.816) \times 30 / (400 \times 12.5 \times \Phi) = -6.785 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } - 2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 12.50 / 30.00 = 66.200 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 12.5 = 559.017 \text{ kN} > 66.200 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\Phi V_n = 0.80 \times (131.02 + 66.2) = 157.776 \text{ kN} > 14.350 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

2) 연 직 구 체 :

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}, \quad f_y = 400 \text{ Mpa}, \quad k_1 = 0.85, \quad \phi_f = 0.85, \quad \phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	25.000	12.500	12.500	4.300	14.350

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 1.016 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1\text{- H13 @ 200), \quad [\text{사용률 } 6.235]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419, \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi \times (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / bd = 0.00507$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2) = 26.211 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 4.300 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 6.096]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 12.50 cm)

$$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 12.5 = 104.816 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 14.350 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (14.350 - 104.816) \times 30 / (400 \times 12.5 \times \phi) = -6.785 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } -2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 12.50 / 30.00 = 66.200 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 12.5 = 559.017 \text{ kN} > 66.200 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\phi V_n = 0.80 \times (131.02 + 66.2) = 157.776 \text{ kN} > 14.350 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

3) 하 부 구 체 :

$$f_{ck} = 45 \text{ Mpa}, \quad f_y = 400 \text{ Mpa}, \quad k_1 = 0.85, \quad \phi_f = 0.85, \quad \phi_v = 0.75$$

B (cm)	H (cm)	d (cm)	피복(cm)	Mu(kN.m)	Vu (kN)
100.000	25.000	12.500	12.500	20.410	28.690

$$M_u / \Phi = A_s \times f_y / (d - a/2) \quad \text{----- (1)}$$

$$a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) \quad \text{----- (2)}$$

式(2)를 式(1)에 대입하여 이차방정식으로 A_s 를 구한다

$$\frac{f_y^2}{2 \times 0.85 \times f_{ck} \times b} A_s^2 - f_y \times d \times A_s + \frac{M_u}{\Phi} = 0$$

$$\rightarrow \text{Req } A_s = 4.903 \text{ cm}^2$$

$$\text{Use } A_s = 6.335 \text{ cm}^2 \quad (1\text{- H13 @ 200}), \quad [\text{사용률 } 1.292]$$

☞ 철근비 검토

$$P_{min} = 1.4 / f_y = 0.00350$$

$$0.25 \times \sqrt{f_{ck}} / f_y = 0.00419, \quad P_{min} = 0.004193 \text{ 적용.}$$

$$P_{max} = 0.75 \times P_b = 0.75 \times k_1 \times \phi_x (f_{ck} / f_y) \times \{600 / (600 + f_y)\} = 0.03658$$

$$P_{use} = A_s / b d = 0.00507$$

$$P_{max} \geq P_{use} \geq P_{min} \rightarrow \text{철근비 만족, } \therefore \text{O.K}$$

☞ 휨 응력의 검토

$$\phi M_n = \phi A_s f_y (d - a/2) = 26.211 \text{ kN.m}$$

$$; a = A_s \times f_y / (0.85 \times f_{ck} \times b) = 0.662 \text{ cm}$$

$$\geq M_u = 20.410 \text{ kN.m} \quad \therefore \text{O.K} \quad [\text{안전률 } 1.284]$$

☞ 전단 응력의 검토 (D = 12.50 cm)

$$\phi V_c = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{f_{ck}} \times b \times d = 0.75 \times 1/6 \times \sqrt{45} \times 100 \times 125 = 104.816 \text{ kN}$$

$$\geq V_u = 28.690 \text{ kN} \quad \therefore \text{전단보강 불필요}$$

$$A_{v_req} = (28.690 - 104.816) \times 30 / (400 \times 12.5 \times \phi) = -5.709 \text{ cm}^2$$

$$A_{v_used} = 3.972 \text{ cm}^2 \quad (\text{H16 } -2.0 \text{ EA, C.T.C } 30.0 \text{ cm})$$

$$V_s = 3.972 \times 400 \times 12.50 / 30.00 = 66.200 \text{ kN}$$

$$V_{s_max} = 2 \times \sqrt{45} / 3 \times 100 \times 12.5 = 559.017 \text{ kN} > 66.200 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$

$$\phi V_n = 0.80 \times (131.02 + 66.2) = 157.776 \text{ kN} > 28.690 \text{ kN} \quad \therefore \text{O.K}$$